

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**TRABALHO DE DISSERTAÇÃO:  
UTILIZAÇÃO DOS PRINCÍPIOS LEAN NAS FASES DE PROJETO  
INFORMACIONAL E PROJETO CONCEITUAL DO DESENVOLVIMENTO DE  
PRODUTOS**

**PAULA SANTOS CERYNO**

**Orientador: Prof. Dr. Osmar Possamai**

**FLORIANÓPOLIS**

**2009**

**PAULA SANTOS CERYNO**

**UTILIZAÇÃO DOS PRINCÍPIOS LEAN NAS FASES DE PROJETO  
INFORMACIONAL E PROJETO CONCEITUAL DO DESENVOLVIMENTO DE  
PRODUTOS**

Dissertação apresentada ao  
Programa de Pós-graduação em  
Engenharia de Produção da  
Universidade Federal de Santa  
Catarina como requisito parcial  
para obtenção do título de Mestre  
em Engenharia de Produção.

**FLORIANÓPOLIS  
2009**

**UTILIZAÇÃO DOS PRINCÍPIOS LEAN NAS FASES DE PROJETO  
INFORMACIONAL E PROJETO CONCEITUAL DO DESENVOLVIMENTO DE  
PRODUTOS**

**PAULA SANTOS CERYNO**

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de “Mestre em Engenharia, Especialidade Engenharia de Produção”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação.

---

Prof. Antonio Sérgio Coelho, Dr.  
Coordenador do Curso

---

Prof. Osmar Possamai, Dr.  
Orientador

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Marcelo Gitirana Gomes Ferreira, Dr.  
Presidente da Banca

---

Prof. André Ogliari, Ph. D.  
Examinador

---

Prof. Abelardo Alves de Queiroz, Dr.  
Examinador

Dedico este trabalho aos meus pais, fonte de apoio e amor incondicional.

## **AGRADECIMENTOS**

Deixo registrado os meus sinceros agradecimentos:

Ao meu companheiro, pela paciência e mimos em momentos cruciais da dissertação.

Ao Marco Garcia, pela fundamental troca de informações e repasse de sua experiência.

Ao bom humor e a amizade da Sandra Quarezemin, que me permitiram muitas risadas em momentos de tensão.

Ao Professor Osmar Possamai, pela dedicação, segurança e orientação proporcionada à conclusão deste trabalho.

À minha família, por me proporcionar estrutura e apoio;

À Deus pela oportunidade de crescimento e aprendizado.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE QUADROS.....	12
RESUMO .....	13
ABSTRACT .....	14
CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Objetivo Geral .....	16
1.2 Objetivos Específicos .....	16
1.3 Justificativa e Relevância do Tema .....	16
1.4 Escopo do Trabalho .....	17
1.5 Metodologia Científica .....	18
1.6 Estrutura do Trabalho .....	18
CAPÍTULO 2 - SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO E O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	19
2.1 Sistema Toyota de Produção e a Eliminação das perdas .....	19
2.2 A Estrutura do Sistema Toyota de Produção .....	22
2.2.1 Enfoque filosófico do Sistema Toyota de Produção .....	22
2.2.2 Enfoque na Cultura Administrativa do Sistema Toyota de Produção .....	27
2.2.3 Enfoque Técnico do Sistema Toyota de Produção.....	32
2.3 Considerações do Capítulo.....	37
CAPÍTULO 3 – MODELO PROPOSTO .....	38
3.1 Apresentação Geral do Modelo .....	40
3.2 Descrição das Etapas do Modelo.....	40
3.2.1 Etapa 1 - Definir equipe e líder de projeto.....	40
3.2.2 Etapa 2 - Revisar e atualizar o escopo do produto .....	42
3.2.3 Etapa 3 – Determinação da carga de trabalho da equipe .....	43
3.2.4 Etapa 4 - Detalhar ciclo de vida do produto e definir seus clientes .....	44
3.2.5 Etapa 5 - Levantar as necessidades do cliente final.....	45
3.2.6 Etapa 6 - Identificar e hierarquizar os requisitos do cliente final.....	45
3.2.7 Etapa 7 - Levantar as necessidades dos clientes intermediários e internos .....	47
3.2.8 Etapa 8 - Determinar os requisitos <i>Lean</i> .....	47
3.2.9 Etapa 9 - Definir as especificações meta .....	51
3.2.10 Etapa 10 - Modelagem funcional do produto.....	54
3.2.11 Etapa 11 - Identificar núcleos funcionais.....	55

3.2.12	Etapa 12 - Avaliação do grau de modularidade do produto.....	56
3.2.13	Etapa 13 - Levantar princípios de solução .....	58
3.2.14	Etapa 14 - Estudo das interfaces.....	60
3.2.15	Etapa 15 - Selecionar concepção.....	63
3.2.16	Etapa 16 – Avaliar resultado quanto aos desperdícios .....	68
3.2.17	Etapa 17 - Definir requisitos problemáticos.....	69
3.3	Considerações do Capítulo.....	69
CAPÍTULO 4 - APLICAÇÃO DO MODELO .....		70
4.1	Apresentação da Empresa Pesquisada .....	70
4.2	Descrição da Aplicação do Modelo .....	70
4.2.1	Etapa 1 – Definir equipe e líder de projeto .....	71
4.2.2	Etapa 2 - Revisar e atualizar o escopo do produto .....	71
4.2.3	Etapa 3 – Determinação da carga de trabalho da equipe .....	72
4.2.4	Etapa 4 - Detalhar ciclo de vida do produto e definir seus clientes .....	73
4.2.5	Etapa 5 - Levantar as necessidades do cliente final.....	74
4.2.6	Etapa 6 - Identificar e hierarquizar os requisitos do cliente final.....	75
4.2.7	Etapa 7 - Levantar as necessidades dos clientes intermediários e internos .....	76
4.2.8	Etapa 8 - Determinar os requisitos Lean.....	78
4.2.9	Etapa 9 - Definir as especificações meta .....	81
4.2.10	Etapa 10 - Modelagem funcional do produto.....	84
4.2.11	Etapa 11 - Identificar núcleos funcionais.....	86
4.2.12	Etapa 12 - Avaliação do grau de modularidade do produto.....	87
4.2.13	Etapa 13 - Levantar princípios de solução .....	88
4.2.14	Etapa 14 - Estudo das interfaces.....	90
4.2.15	Etapa 15 - Selecionar concepção.....	92
4.2.16	Etapa 16 - Avaliação dos resultados quanto aos desperdícios .....	96
4.2.17	Etapa 17 - Definir requisitos problemáticos.....	96
4.3	Considerações sobre Aplicação do Modelo .....	96
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO .....		98
5.1	Conclusões .....	98
5.2	Sugestão para Trabalhos Futuros.....	99
REFERÊNCIAS .....		100
ANEXO:.....		105

ANEXO A- ENTREVISTA COM OS INTEGRANTES DA EQUIPE PARA LEVANTAR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO .....	106
---	-----



## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1- Relação do valor, custo e desperdícios (HINES, HOLWEG E RICH, 2004, p.997).	25
Figura 3.1 – Descrição das etapas do modelo proposto.....	39
Figura 3.2 – Sugestão de critérios técnicos e profissionais de seleção do líder do projeto. ....	41
Figura 3.3 – Exemplo de avaliação das habilidades pessoais do líder. (Adaptado de Bortolanza, 2005).....	41
Figura 3.4 – Sugestão de critérios para seleção da equipe do projeto. ....	42
3.2.2 Etapa 2 - Revisar e atualizar o escopo do produto .....	42
Figura 3.5 – Exemplo de matriz de dimensionamento da capacidade da equipe. ....	44
Figura 3.6 – Exemplo de matriz de dimensionamento da carga de trabalho. ....	44
3.2.4 Etapa 4 - Detalhar ciclo de vida do produto e definir seus clientes .....	44
Figura 3.7 – Exemplo de matriz de relação dos requisitos de clientes finais.....	46
Figura 3.8 –Exemplo de priorização dos requisitos de clientes. ....	46
Figura 3.9 – Exemplo de matriz de relação entre os requisitos dos clientes intermediários e internos. ....	48
Figura 3.10 – Exemplo de valor dos requisitos dos clientes intermediários e internos quantificados.....	49
Figura 3.11 – Exemplo de matriz de relação entre os requisitos dos clientes.....	50
Figura 3.12 –Exemplo de quadro com os requisitos <i>Lean</i> priorizados.....	51
Figura 3.13 – Exemplo de matriz de relação dos requisitos do cliente final com as especificações do projeto. ....	52
Figura 3.14 – Exemplo de especificações hierarquizadas.....	53
Figura 3.15 – Exemplo de relação entre as especificações do projeto.....	54
Figura 3.16 – Exemplo de especificações meta do projeto de uma cadeira.....	54
Figura 3.17 – Desdobramento das funções globais (Scalice <i>et al.</i> 2000). ....	55
Figura 3.19 – MIM Módulos adaptada ao STP. (Adaptado de Erixon <i>et al.</i> 1996). ....	57
Figura 3.20 – Fluxo de coleta dos princípios de solução. ....	60
Figura 3.21 – Matriz PSM de relação entre as interfaces. ....	61
Figura 3.22 – Matriz PSM: Visualização dos blocos de incompatibilidade. ....	62
Figura 3.23 – Exemplo de Matriz de comunicação da compatibilidade das alternativas para um telefone sem fio.....	62

Figura 3.24 – Seleção dos princípios de solução segundo o atendimento das especificações meta. ....	64
Figura 3.25 - Seleção dos princípios de solução segundo o atendimento dos requisitos <i>lean</i> . ....	65
Figura 3.26 - Exemplo de matriz de relação dos critérios de avaliação dos fornecedores. ....	66
Figura 3.27 – Exemplo de priorização dos critérios de avaliação dos fornecedores. ....	66
Figura 3.28 – Exemplo de avaliação de fornecedores. ....	67
Figura 3.29 - Seleção da concepção segundo a cadeia de fornecimento. ....	67
Figura 3.30 - Exemplo de <i>check list</i> para avaliação dos resultados quanto aos desperdícios. ....	68
Figura 4.1 - Matriz de dimensionamento da capacidade da equipe. ....	72
Figura 4.2 – Estudo da carga de trabalho. ....	72
Figura 4.3 - Ciclo de vida do produto. ....	73
Figura 4.4 – Cadeia de clientes do produto em análise. ....	74
Figura 4.5 – Matriz de relação dos requisitos de clientes finais. ....	76
Figura 4.6 – Priorização dos requisitos de clientes. ....	76
Figura 4.7 – Matriz de relação entre os requisitos dos clientes internos. ....	79
Figura 4.8 - Requisitos dos clientes internos quantificados. ....	79
Figura 4.9- Matriz de relação entre os requisitos dos clientes. ....	80
Figura 4.10–Requisitos <i>Lean</i> priorizados. ....	81
Figura 4.11 – Matriz de relação entre os requisitos dos clientes finais e as especificações de projeto. ....	82
Figura 4.12 – Especificações meta. ....	83
Figura 4.13 - Matriz de relação entre as especificações meta. ....	83
Figura 4.14 – Análise funcional do produto. ....	85
Figura 4.15 – Lista das funções do produto. ....	86
Figura 4.16 - Matriz de determinação do núcleo funcional. ....	86
Figura 4.17 – Matriz MIM para núcleo funcional. ....	87
Figura 4.18 – Seleção dos princípios de solução para o Módulo 1. ....	89
Figura 4.19 – Seleção dos princípios de solução para o Módulo 2. ....	90
Figura 4.20 - Matriz de interfaces entre os princípios de solução dos módulos. ....	90
Figura 4.21 – Matriz de interfaces diagonalizada. ....	91
Figura 4.22 – Matriz de interfaces com princípios de solução compatíveis. ....	91
Figura 4.23 – Seleção dos princípios de solução segundo o atendimento das especificações meta. ....	92
Figura 4.24 - Seleção dos princípios de solução segundo o atendimento dos requisitos <i>lean</i> . ....	93

Figura 4.25 – Matriz de relação dos critérios de avaliação do fornecedor. ....	94
Figura 4.26 – Priorização dos critérios de avaliação do fornecedor.....	95
Figura 4.27 – Avaliação do fornecedor.....	95

## LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Diretrizes de modularidade adaptada aos princípios do STP. (Adaptado de:

Erixion *et al*

1996).....58

## RESUMO

As diversas vantagens competitivas oriundas da aplicação dos princípios do Sistema Toyota de Produção (STP), nas empresas fizeram surgir a necessidade de se adaptar o projeto de produtos a essa realidade. Visando usufruir das vantagens do STP, o presente trabalho aborda a aplicação dos princípios do STP as fases de projeto informacional e conceitual do desenvolvimento de produtos, com foco no seu resultado, ou seja, na concepção do produto. Seu principal objetivo é o de adequar as fases iniciais do desenvolvimento de produtos para que a concepção gerada atenda as premissas do STP. Para tanto, esta dissertação adapta as fases do projeto informacional e conceitual à abordagem *Lean*, tendo em vista suas influências no ciclo de vida do produto e todo o processo decisório envolvido contido em suas etapas. Dessa forma, o presente trabalho apresenta um estudo preliminar da abordagem *Lean* e de seus conceitos a fim de estruturar um método a ser seguido com o objetivo de gerar concepções com menores níveis de desperdícios. Por isto é proposto um modelo contendo etapas que contemplem os princípios do STP, sendo este validado através de sua aplicação em uma empresa que desenvolve produtos para área médica. O resultado obtido com a aplicação do modelo foi bastante positivo, sendo a solução gerada implementada pela empresa.

Palavras-chave: Sistema Toyota de Produção; Desenvolvimento de Produtos; *Lean*.

## **ABSTRACT**

Several competitive advantages resulting from the application of the Toyota Production System (TPS) in companies originated the need to adapt product design to this reality. With the purpose of enjoying the TPS advantages, this work approaches the application of the TPS to the informational and conceptual project, focusing on the result in the design process, i.e., the product conception. Its main goal is to adjust the initial stages of product development so the generated conception meets the TPS premise. For that, this dissertation adapts the informational and conceptual project stages to the Lean approach, considering its influences on the product's life cycle and all the decision-making process involved in its stages. This way, this work presents a preliminary study of the Lean approach and its concepts, in order to structure a method to be followed, with the goal of generating conceptions with the lowest waste levels. Thus, a model is proposed containing stages that contemplate the TPS principles, being validated through its application in a company that develops medical products. The result obtained with the model application was very positive, and the generated solution was implemented by the company.

**Keywords:** Toyota Production System; Product Development; Lean.

## CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO

O constante crescimento da competitividade do mercado, no qual as empresas estão inseridas, as obriga executarem suas operações e processos com qualidade, utilizando o mínimo de tempo e recursos possíveis. Com o objetivo de atingir melhores níveis de competitividades, as empresas aplicam os princípios do Sistema Toyota de Produção (STP) em seus ambientes fabris, pois a abordagem Toyota prima pela redução de desperdícios, gerando maior velocidade e qualidade em seus processos.

A consideração dos princípios do STP aplicados apenas a fábrica é insuficiente, pois o mercado exige que os produtos, fabricados pelas empresas, atendam suas necessidades e estejam à disposição no momento desejado, fatores pouco influenciados pela manufatura. Segundo Morgan e Liker (2006a), a capacidade da manufatura em impactar nas vendas dos produtos é limitada, a mesma pode influenciar na produtividade e na qualidade, mas dificilmente impactará na definição de valor dos produtos. A velocidade de lançamento dos produtos é outro fator pouco impactado pela manufatura e de grande importância para o sucesso das empresas. Segundo Karlsson e Ahlstrom (1996), desenvolver produtos com maior velocidade que os concorrentes é uma excelente estratégia para garantir o êxito das organizações. Sendo assim, para que os benefícios alcançados pela aplicação dos princípios do STP atinjam de forma mais eficiente os produtos, esses devem ser considerados durante os seus processos de desenvolvimento, conforme relatam Morgan e Liker (2006a).

O desenvolvimento de produtos tem grande influência no sucesso das empresas, visto que seu processo inicia-se e termina no consumidor. De acordo com Slack *et al.* (1997, p.144), “o objetivo de projetar produtos e serviços é satisfazer os consumidores atendendo suas necessidades e expectativas atuais ou futuras”, contribuindo para a competitividade da empresa. O consumidor, conforme determinado no STP, deve ser o foco da empresa, cujas ações devem buscar atendê-lo da melhor forma possível. A consideração dos princípios do STP durante o desenvolvimento de produtos, principalmente as fases iniciais, contribui fortemente para uma maior velocidade de lançamento, além de possibilitarem a concepção de produtos focados no mercado e com menores níveis de desperdícios. A literatura apresenta um grande número de trabalhos relacionando os benefícios da aplicação dos princípios do STP ao desenvolvimento de produtos, mas sua aplicação se apresenta direcionada ao processo de desenvolvimento em si e não ao seu resultado. Conforme relatado por Garza (2005), existem inúmeras barreiras ao se trazer a abordagem STP ao desenvolvimento de produtos,

muitas delas devido a não padronização das atividades. Desta forma, o presente trabalho objetivando reduzir estas dificuldades, focará na concepção do produto, possibilitando o alcance dos benefícios do STP.

A aplicação dos princípios do STP, realizada durante o desenvolvimento, focada no produto é pouco explorada na literatura. Surge dessa forma a seguinte pergunta de pesquisa: Como adequar as etapas das fases iniciais do desenvolvimento de produtos, para que a concepção gerada atenda aos princípios Sistema Toyota de Produção?

A partir dessa pergunta foram estabelecidos os objetivos, geral e específicos, que guiarão o desenvolvimento do trabalho.

### **1.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral desse trabalho é adequar as fases de projeto informacional e conceitual do desenvolvimento de produtos, para que a concepção gerada atenda aos princípios do STP.

### **1.2 Objetivos Específicos**

Para a realização do objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Estabelecer princípios do Sistema Toyota de Produção a serem considerados nas fases iniciais do desenvolvimento de produtos;
- Estabelecer os enfoques do Sistema Toyota de Produção necessários a geração da concepção;
- Estabelecer a relação entre as etapas das fases iniciais do processo de desenvolvimento de produtos e o Sistema Toyota de Produção.

### **1.3 Justificativa e Relevância do Tema**

O sucesso do lançamento de um novo produto no mercado é fundamental para a sobrevivência das empresas. Segundo Womack e Jones (1998), é crucial que as empresas expressem através de um produto o valor que atende as necessidades do mercado. Para tanto as organizações necessitam que seus desenvolvimentos apresentem maior velocidade e menores custos, e que a figura do cliente esteja presente em todas as suas etapas, para facilitar



a eliminação das atividades que não representam ganhos, aproximando a empresa da real necessidade do mercado.

Atender o mercado apresenta dificuldades advindas do processo de desenvolvimento, onde produto e processo conflitam por diferença de valores, conforme relata Machado (2006), pois não necessariamente o atendimento de um contribui para o atendimento do outro. Dessa forma, as empresas precisam enxergar de maneira clara os impactos de suas decisões em relação ao projeto de produto e a interação entre as diferentes necessidades de seus clientes, seja ele interno ou externo.

A aplicação da abordagem STP aparece como uma forma de atingir tais objetivos. Esta, comumente aplicada no ambiente fabril, vem apresentando resultados na redução das atividades que não agregam valor e são desnecessárias aos processos das empresas, possibilitando reduções de custos e ganhos em qualidade. Benefícios conquistados em grande parte pela mudança de visão em todo processo, onde os diferentes clientes ganham maior visibilidade durante todas as etapas, facilitando a tomada de decisão e a visualização dos conflitos de valores. Dessa forma, o STP quando aplicado ao desenvolvimento de produtos, objetivando a geração de produtos que agregam valor para os diferentes clientes com baixos índices de desperdícios, poderá contribuir com o sucesso e sustentabilidade das empresas.

De acordo com Rozenfeld *et. al.* (2006), é durante as fases iniciais do desenvolvimento de produtos que grande parte das decisões e dos custos é estabelecida e o resultado destas fases determina o desempenho do produto na empresa e no mercado. Dessa forma, os princípios do STP devem ser considerados desde as fases iniciais do desenvolvimento para que os produtos gerados desse processo atendam o mercado e a própria empresa.

#### **1.4 Escopo do Trabalho**

O foco do presente trabalho está na concepção do produto a ser desenvolvido e não no desenvolvimento em si, visto que o sucesso da abordagem enxuta se dá em processos repetitivos e seqüenciados, o que não necessariamente ocorre no desenvolvimento de produtos. Para efeito deste trabalho serão definidos como desperdícios os baixos níveis de desempenho do processo e do produto (MORGAN e LIKER, 2006). Não serão abordados os desperdícios ocorridos no processo de desenvolvimento em si. No presente trabalho, o desenvolvimento será adaptado para que a concepção gerada atenda os requisitos do STP. O trabalho limita-se às fases de projeto informacional e conceitual, segundo a metodologia

apresentada por Rozenfeld *et al.* (2006). O trabalho restringe-se a projetos do tipo plataforma ou incremental, por não necessitarem de uma mudança do processo de manufatura. Com relação ao STP, não faz parte do escopo a avaliação das tecnologias utilizadas pela empresa, assim como de sua estrutura organizacional.

## **1.5 Metodologia Científica**

Segundo Gil (1999) o objetivo fundamental da pesquisa é solucionar problemas através de métodos científicos. A metodologia utilizada para a realização deste trabalho possui caráter qualitativo e exploratório. A abordagem qualitativa se justifica pelo fato, da não utilização de instrumento estatístico como fonte de análise do problema (RICHARDSON *et al.*, 1999). Este se baseia na interpretação subjetiva dos fatos, não sendo interpretada por números e sim por ferramentas lógicas e de observação (RICHARDSON 1999; MENEZES; SILVA, 2005)

O caráter exploratório pode ser caracterizado, conforme Lakatos e Marconi (1991), pelas investigações realizadas, cujo objetivo foi o de formular a solução de um problema. Estas investigações tiveram como finalidade: aumentar a familiaridade com o problema para a realização de uma pesquisa futura mais precisa esclarecendo os conceitos e levando a solução. A natureza exploratória toma por base as publicações científicas da área, auxiliando a fundamentação teórica que deu suporte à construção do modelo para a solução do problema.

## **1.6 Estrutura do Trabalho**

O trabalho é estruturado em cinco capítulos, sendo o primeiro a introdução. No Capítulo 2 é realizada uma revisão bibliográfica do STP e de sua relação com o processo de desenvolvimento de produtos, onde são apresentados os princípios da abordagem enxuta e os diferentes tipos de perdas por ela evitados.

O Capítulo 3 apresenta as etapas do desenvolvimento de produto que devem considerar os princípios do STP para que o resultado, ou seja, a concepção do produto, seja gerado com menores níveis de desperdício, atendendo as necessidades dos diferentes clientes.

O Capítulo 4 descreve a aplicação do modelo proposto em uma empresa do ramo de produtos médicos. O trabalho é finalizado com o Capítulo 5, onde são relatadas as conclusões e as sugestões para trabalhos futuros.

## **CAPÍTULO 2 - SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO E O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS**

Os princípios do STP têm apresentado grande potencial de ganho às empresas, mas sua aplicação não deve estar restrita à manufatura. Seus conceitos devem ser expandidos ao projeto de novos produtos, buscando obter como resultado concepções que se adequam e que contribuam para os benefícios advindos do STP.

O presente capítulo está estruturado de forma a estabelecer quais os requisitos da manufatura enxuta deveriam ser considerados durante as fases iniciais do desenvolvimento de produtos, assim como seus impactos nas concepções geradas. Inicialmente é mostrada uma breve apresentação do STP, focado na eliminação das perdas. Em seguida aborda-se a estrutura do STP, definindo seus principais enfoques: filosófico, administrativo e técnico, ressaltando seus impactos nas fases iniciais do desenvolvimento de produtos.

### **2.1 Sistema Toyota de Produção e a Eliminação das perdas**

O STP, também chamado de Produção Enxuta teve origem no Japão no início da década de 1950 na fábrica de automóveis da Toyota. Eiji Toyoda e Taiichi Ohno iniciaram a estruturação de um processo sistemático de identificação e eliminação dos desperdícios, buscando atingir melhores níveis de produtividade e a otimização do uso dos recursos na Toyota (LIKER, 2005).

Pode-se afirmar que a base do STP foi fundamentada em princípios “enxutos”, incluindo, segundo Liker e Morgan (2006a), o foco no cliente, a melhoria contínua, a qualidade através da redução dos desperdícios e a forte integração entre os processos. Em suma, “o pensamento é dito enxuto porque é uma forma de fazer cada vez mais com cada vez menos... e, ao mesmo tempo, aproximar-se cada vez mais de oferecer aos clientes exatamente o que eles desejam”(Womack e Jones 1998, pág. 3).

Dessa forma, a raiz do STP é a busca pela eliminação desperdício, ou seja, qualquer atividade humana que absorve recursos, mas não cria valor. Assim, as atividades de uma organização podem ser divididas em três categorias: as que agregam valor; as que não agregam valor, mas são necessárias, e as que não agregam valor e são desnecessárias, sendo que o último tipo deve ser eliminado (WOMACK e JONES, 1996). A definição do valor no

STP é fundamentada pela voz dos clientes, e este conceito determina o que é ou não é desperdício em uma empresa.

Liker (2005) apresenta os sete grandes tipos de desperdício em processos administrativos e produtivos definidos pela Toyota, acrescentando um oitavo tipo:

- Superprodução: produzir itens para os quais não há demanda;
- Espera: funcionários “parados” devido à falta de materiais, atrasos nos processamentos, quebra de equipamentos ou gargalos de capacidade;
- Transporte ou movimentação desnecessário: movimentos de estoques em processo por longas distâncias, transportes ineficientes;
- Superprocessamento ou processamento incorreto: etapas de processos desnecessárias no processamento de produtos;
- Excesso de estoque: excesso de matéria-prima, estoques em processos ou produtos acabados, causando maior *lead times*, obsolescência, custos de transporte e armazenagem, produtos danificados, e atrasos;
- Movimento desnecessário: movimentação desnecessária dos funcionários;
- Defeitos: produção de peças com defeitos ou correções;
- Desperdício da criatividade dos funcionários: perda de tempo, idéias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem, por não envolver ou ouvir os funcionários.

Womack e Jones (1996) acrescentam mais um tipo de desperdício:

- Projetos de produtos e serviços que não atendem as necessidades dos clientes.

É importante ressaltar que a busca pela eliminação dos desperdícios em um novo produto deve ser realizada logo na fase de criação e não apenas quando este é endereçado às linhas de produção. Identificar e eliminar previamente as possíveis fontes de desperdícios resulta em ganhos competitivos para a organização, mediante a possibilidade de redução do tempo de desenvolvimento, riscos e custos, pois conforme denota Rozenfeld *et. al.* (2006), os custos de modificações do produto crescem exponencialmente com o tempo. Portanto, o pensamento enxuto deve estar presente no produto desde sua concepção, já que as eliminações prévias de desperdícios reduzem a probabilidade de modificações tardias.

O Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) pode contribuir com a eliminação dos desperdícios listados, pois projetos desenvolvidos, visando a redução de perdas,

antecipam os possíveis problemas geradores dos desperdícios. Uma vez definidos os requisitos dos diferentes clientes, pode-se trabalhar em prol destes, desde que sejam compreendidos os impactos gerados na empresa pelo atendimento das necessidades por eles apontadas. Uma vez conhecidas as necessidades dos clientes o PDP, se trabalhado de forma a ressaltar as fontes de perdas, consegue-se reduzir significativamente futuros desperdícios na produção do produto desenvolvido, tais como:

- Superprodução: através do conhecimento da real demanda do mercado e suas necessidades;
- Espera: através da identificação prévia dos possíveis gargalos do processo produtivo do produto;
- Transporte ou movimentação desnecessário: este tipo de desperdício pode ser reduzido através da adequação do produto à manufatura, projetando para que as partes sejam produzidas seguindo um fluxo contínuo;
- Superprocessamento ou processamento incorreto: através da identificação dos aspectos do produto desejados, ou seja, que agregam valor. Enxergando dessa forma, o fluxo de produção do produto como etapas que contribuem ou não para se atingir tais aspectos;
- Excesso de estoque: através da concepção de produtos modulares e com número de partes reduzidas;
- Movimento desnecessário: através da definição do processo produtivo levando-se em consideração a realidade da fábrica;
- Defeitos: através de projetos desenvolvidos contemplando o processo produtivo, sua capacidade e as etapas de operação;
- Desperdício da criatividade dos funcionários: através do envolvimento das áreas atingidas pelo novo produto durante o seu desenvolvimento;
- Projetos de produtos e serviços que não atendem as necessidades dos clientes: através da permanência constante da figura do cliente durante o desenvolvimento, podendo esta ocorrer através da disseminação da definição de valor.

## 2.2 A Estrutura do Sistema Toyota de Produção

Os enfoques que fundamentam o STP, como denota Liker (2005), são o filosófico, o técnico e o administrativo, onde as pessoas são consideradas o centro do sistema. Gary Convis (2001 *apud* Liker 2004, pág 179) relaciona os enfoques do STP como sendo a fonte para o alcance de melhores níveis de qualidade, custos e tempo, conquistados através do engajamento das pessoas em relação às metas.

O enfoque filosófico fundamenta-se no pensamento básico que deve sustentar o sistema, o cliente em primeiro lugar. Este prima pelo entendimento das necessidades do mercado, pois este define o conceito de valor da empresa e deve ser utilizado como o direcionador de todas as ações. Como forma de entregar aos clientes produtos satisfatórios, o enfoque filosófico considera a manufatura, as pessoas e o processo de melhoria contínua, devido a relação destes com o resultado alcançado.

O enfoque na cultura administrativa relaciona-se a ações direcionadas ao gerenciamento da organização e de seus projetos. Ele auxilia a execução das ações direcionadas ao cliente, gera aprendizagem contínua e fornece a cultura de apoio ao sistema, facilitando a disseminação da filosofia a todos os funcionários.

O enfoque técnico diz respeito à aplicação de ações e ferramentas ao processo, o mesmo deve viabilizar melhorias, facilitando a identificação e a eliminação das perdas.

As pessoas podem ser consideradas o coração do sistema, pois delas provém a qualidade e o comprometimento no trabalho executado. Dessa forma, as mesmas devem ser valorizadas e incentivadas para que se atinjam os níveis de qualidade desejados.

As seções seguintes apresentam, detalhadamente, a estrutura do STP. Iniciando pelo enfoque filosófico, seguido do administrativo e técnico, os quais serão analisados segundo sua relação com as fases iniciais do desenvolvimento de produtos.

### 2.2.1 Enfoque filosófico do Sistema Toyota de Produção

Segundo Convis (2001), o enfoque filosófico do STP salienta quatro aspectos: foco no cliente, foco na fábrica, valorização das pessoas e melhoria contínua.

O foco no cliente está relacionado à definição de valor para a organização. O conceito de valor, ligado ao produto, deve estar fortemente relacionado à perspectiva dos clientes finais, pois são eles que o determinam. Segundo Slack (1999), na visão dos clientes, o valor de um produto ou serviço pode ser visto como sendo função da capacidade dos mesmos em

atender seus anseios, da relativa importância da necessidade satisfeita, da disponibilidade do produto ou serviço e de seus custos de aquisição. Para a empresa o valor pode ser definido como sendo qualquer atividade que não contribua para o alcance das necessidades dos clientes, ou seja, não agregue valor ao produto ou serviço comercializado. De acordo com Womack e Jones (1996), o valor da empresa deve estar focado nos clientes finais.

O foco no cliente sob a ótica do desenvolvimento de produtos é crucial para as fases iniciais do projeto, pois é o direcionador de suas ações. A criação ou ampliação da variedade de produtos realizada a partir de uma definição errônea do valor gera grandes perdas à organização, já que esforços, tempo e dinheiro são despendidos em função de um produto que não atende os anseios do mercado e que por consequência não desempenhará financeiramente conforme a empresa almejava. Como relata Womack e Jones (1996), a mera aceleração do processo de desenvolvimento, sem foco no cliente, seria um grande desperdício, já que apenas aceleraria a entrega de projetos ruins ao mercado. Assim, conclui-se que a correta definição do valor do produto deve ser o ponto de partida para a criação de novos projetos, objetivando entregar ao mercado produtos que vão de encontro às suas necessidades com o menor número de perdas possíveis.

O segundo aspecto do STP é o foco na fábrica. A empresa deve conhecer profundamente seu processo produtivo para poder analisar e avaliar o que está realmente acontecendo, possibilitando uma visão crítica mais apurada dos funcionários, além de facilitar a melhoria contínua e promover uma maior velocidade na solução dos problemas. De acordo com Melo e Sacomano (2005, p.1), a manufatura pode contribuir para o desempenho das operações, por meio das seguintes ações: “a primeira é entender o que é valor para o cliente e conformar estes valores, a segunda é atingir os níveis de desempenho que a fazem proeminente aos olhos do cliente”. Pode-se concluir que o desempenho do processo produtivo reflete nos clientes finais, contribuindo fortemente para o sucesso das organizações. Assim, a manufatura deve ter administração e avaliação focadas no seu desempenho, que segundo Slack (1993) é medido através da sua qualidade, dos seus custos, velocidade, flexibilidade e de sua confiabilidade. O bom desempenho da manufatura auxilia à entrega de produtos ao mercado com maior velocidade, menores custos e maior qualidade, gerando maior possibilidade de retorno financeiro aos participantes da cadeia e acionistas (WILLIAMS e JOHNSON, 2004).

Existe forte relação entre o sucesso dos novos produtos e o seu processo produtivo. De acordo com Cecconello (2002), a introdução de novos produtos no ambiente da manufatura pode influenciar o seu desempenho. Dessa forma, é importante considerar a manufatura desde

as fases iniciais do desenvolvimento de produto. Segundo Batemam e Wild (2003), incertezas sobre a manufaturabilidade do projeto durante seu desenvolvimento resultam em perdas de oportunidades de negócios, favorecendo a geração dos oito tipos de desperdícios relacionadas por Liker (2005) e Womack e Jones (1996), tais como:

- Redução do lucro devido às falhas na escolha do melhor projeto, ocasionadas pelas incertezas dos custos estimados, podendo dessa forma contribuir para geração de desperdícios como o superprocessamento e a entrega de produtos que não atendem as necessidades dos clientes;
- Atrasos na produção, insatisfação dos clientes e custo extra, causados pela má avaliação da capacidade dos processos em relação à demanda. Sendo estes fatores geradores de perdas, como, por exemplo, a espera, ocasionada devido aos gargalos não identificados;
- Baixos rendimentos e qualidade inferior do produto, devido a desperdícios e problemas de qualidade. Fatores geradores de perdas como os defeitos e criação de produtos que não atendem as necessidades dos clientes;
- Aumento de custos dos inventários e problemas no fluxo de caixa, ocasionados pela desconsideração do aumento de inventários nas fases de desenvolvimento do produto, favorecendo assim, para o aparecimento de desperdícios como o excesso de estoque;
- Falhas nos sistemas de previsão de demanda, causados pela desconsideração da responsabilidade da manufatura sobre o cumprimento da mesma. Podendo assim, contribuir para a geração de desperdícios como a espera, o transporte e movimentação desnecessário, o aparecimento defeitos e o processamento incorreto do produto.

Portanto, verifica-se a importância de manter um estreito relacionamento entre a manufatura e o desenvolvimento de produtos, visando a manufaturabilidade dos produtos através da prévia detecção e eliminação dos possíveis desperdícios.

Como demonstra a figura 2.1 , a adição de valor necessita da relação manufatura e projeto de produtos para que muitos desperdícios sejam previstos e evitados. Para criar características adicionais ao produto e projetá-los de forma a otimizar a utilização dos recursos e da capacidade, deve-se levar em consideração a capacidade do processo e sua realidade, evitando-se ao máximo a criação de perdas e possíveis fontes de insatisfação dos clientes.



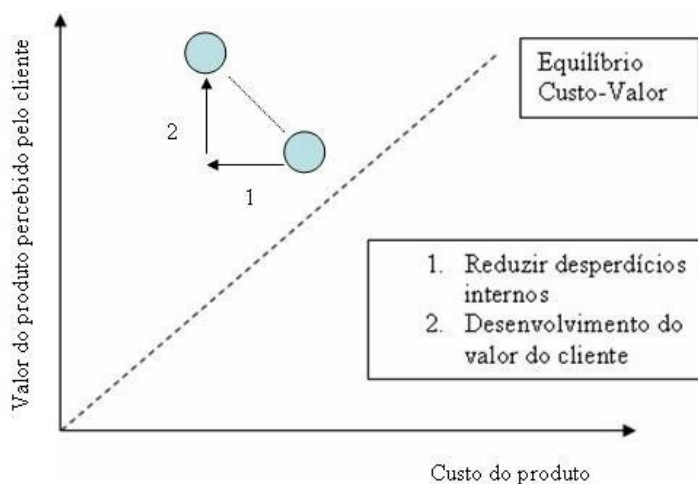


Figura 2.1. Relação do valor, custo e desperdícios (HINES, HOLWEG E RICH, 2004, p.997).

O terceiro aspecto da filosofia do STP é a valorização das pessoas. No STP as pessoas possuem papel fundamental, pois são elas que provêm a energia e a inteligência que move o sistema (LIKER e MORGAN, 2006a). O trabalho em grupo e a participação dos funcionários nas soluções de problemas contribuem para a elevação da auto-estima, fator importante na valorização das pessoas.

As fases iniciais do desenvolvimento de produtos se mostram propícias para as ações que valorizem os funcionários, mediante a total dependência das pessoas e de suas capacidades intelectuais. Espera-se que as mesmas criem e aprendam com velocidades compatíveis às mudanças do mercado, salientando a importância do trabalho em equipe e do estímulo à criação de soluções aos problemas apresentados. Segundo Womack e Jones (1996), as tarefas de trabalho consideradas pelas pessoas como sendo as mais compensadoras são aquelas que eliminam interrupções e distrações, apresentam *feedback* claro e imediato do progresso em relação ao objetivo, promovem uma sensação de desafio e funcionam como um fluxo. Os autores relatam que tarefas segmentadas dificilmente induzem ao sentimento de compensação, pois o trabalhador ao realizá-las pode ver apenas uma pequena parte da atividade, é constantemente interrompido, dificilmente recebe *feedback*, e durante o trabalho não é exigida plena concentração e habilidade.

Segundo Fromm (1987 *apud* Alves 2001), o trabalho segmentado divide as tarefas e assim, remove os elementos da criatividade e do trabalho em grupo. Portanto, não apenas no ambiente fabril, deve-se integrar as atividades. A integração entre as diferentes áreas, durante as fases iniciais do desenvolvimento de produtos, possibilita aos membros maior retorno sobre

o alcance das metas, o constante desafio, além de exigir plena concentração na ação. De acordo com Koufteros *et al* (2005), a integração das áreas atingidas pelo produto durante o seu desenvolvimento faz com que haja liberação antecipada das informações, reduzindo as incertezas e promovendo a detecção prévia de problemas. Alves (2001) relata que as empresas que têm seus processos integrados e pessoas que os compreendem apresentam vantagem competitiva, mas para isso é necessário que a organização de seu trabalho seja marcada pelos seguintes atributos: integração com o mercado; flexibilidade interna e externa; preservação do ativo intelectual; reconhecimento pelo valor gerado; auto desenvolvimento; responsabilidade pelos fins, com autonomia para decidir sobre os meios; compromisso com os resultados; decisões compartilhadas; participação nos resultados e autoridade pelo conhecimento. Sendo assim, durante as fases iniciais do desenvolvimento de produtos deve-se primar pelas pessoas, criando ambiente organizacional que permita a integração, a participação e a implementação das soluções geradas pelas equipes, contribuindo para a valorização das pessoas e a geração de produtos mais competitivos.

A empresa pode influenciar positivamente no processo de desenvolvimento de produtos, através da utilização da capacidade intelectual e criativa dos funcionários. Essas favorecem a concepção de produtos em sintonia com o mercado com *lead times* reduzidos, visto que habilidades, experiências e idéias são melhores aproveitadas, através de trabalhos realizados em grupo. De acordo com Alves (2001) a utilização da capacidade intelectual dos funcionários, por parte da organização, faz com que os mesmos sintam-se valorizados. Dessa forma, eles trabalham com maior entusiasmo, devido à sensação de pertencer a um propósito maior que a mera execução da tarefa. Segundo Geus (2003), valorizar as pessoas é essencial para as organizações, uma vez que estas passaram a ser um diferencial competitivo.

O quarto aspecto do enfoque filosófico é melhoria contínua, ou *Kaizen*. Segundo Attadia e Martins (2003, p. 34), a melhoria contínua pode ser descrita por “esforços sistemáticos e iterativos que causam impactos positivos e acumulativos no desempenho da organização”. A melhoria é sistemática porque o processo de resolução de problemas é realizado em etapas, e é interativa porque busca indefinidamente uma solução ou melhorar algo já atingido. A melhoria contínua é fortemente relacionada com padrões e o amplo conhecimento dos destes auxilia o julgamento e a aplicação de melhorias. Para ser efetiva, a melhoria contínua precisa ser administrada como um processo estratégico com foco no longo prazo (BESSANT *et al.*, 1999).

A melhoria contínua deve ser enfatizada também no desenvolvimento de novos produtos. Esta pode ser implementada através da padronização de produtos ou parte destes. A

padronização auxilia o desenvolvimento de produtos já que evita o excesso de informações, a repetição de atividades já realizadas e a proliferação de componentes, além de facilitar a geração de melhorias. A proliferação de componentes afeta principalmente a performance da manufatura e os seus custos (ANDERSON, 2004). Quando levadas ao processo de desenvolvimento de produtos, a padronização pode ser aplicada na criação de novos componentes. Segundo, Ulrich (1995) a padronização aplicada em novos produtos pode reduzir os custos e o *lead time* do projeto. De acordo com Morgan e Liker (2006a), permite a divisão de componentes críticos, subsistemas e tecnologia, possibilitando a redução de custos e aumento da qualidade. Marshall, Leany e Botterel (1998) apresentam melhorias geradas em relação à qualidade, ao relacionamento com fornecedores e ganhos econômicos. Nagarur e Azeen (1999) descrevem a padronização de componentes como uma forma de reduzir a complexidade dos produtos e melhorar a performance da manufatura.

A equipe de desenvolvimento deve se preocupar em utilizar os padrões, buscando melhorá-los, para que maiores níveis de qualidade sejam atingidos. Segundo Liker (2004, p.246), a padronização auxilia o processo de aprendizagem organizacional, pois “aprender significa ter a capacidade de construir sobre o passado e prosseguir melhorando em vez de recomeçar a reinventar a roda a cada novo projeto”. Assim, padronizar significa ganhos em tempo, custos e qualidade e envolve o engajamento das pessoas, primando pela equipe e não pelo indivíduo, já que o passado é a base para projetos futuros.

Conforme observado, os quatro aspectos filosóficos do STP impactam diretamente no projeto de produtos, por isso, devem ser considerados desde as fases iniciais do seu desenvolvimento.

### 2.2.2 Enfoque na Cultura Administrativa do Sistema Toyota de Produção

De acordo com Convis (2001), o enfoque da cultura deve priorizar quatro aspectos: o trabalho em equipe, o estímulo à confiança, a integração e o embasamento das decisões em pensamentos de longo prazo.

O primeiro aspecto relacionado à cultura administrativa é o favorecimento do trabalho em equipe. Fator que exerce papel fundamental para a aprendizagem da organização, pois além de acelerar a troca de informações e o conhecimento, reduzem as incertezas por relacionar os envolvidos com o processo de agregação de valor. O alto grau de incertezas exige das empresas maneiras de adaptação às possíveis mudanças competitivas, quanto maior o grau de incertezas do ambiente, maior é a necessidade da empresa acelerar o processo de

aprendizagem (FERNANDES, 1999). Para obter sucesso, as empresas devem se tornar organizações que aprendem, para lidarem com as contínuas mudanças (SENGE, 2002). Conforme Donaldson (1999 *apud* Onoyama 2006), à medida que as incertezas aumentam, a hierarquia precisa perder um pouco do controle e ser amparada por estruturas comunicativas e participativas.

A aprendizagem desenvolve competências e neste sentido Swieringa e Wierdman (1995 *apud* Hirota e Formoso 2000, p. 3) definem competência como uma conduta mais efetiva, ou seja, saber fazer o necessário, da melhor forma e no momento exato, e relatam que a aprendizagem ocorre através da observação dos resultados e do desempenho do processo. Segundo Liker (2005), o que diferencia o STP das outras abordagens administrativas é que o STP permite ver por si mesmo para compreender completamente a situação. O conhecimento pleno do processo permite à empresa eliminar com maior facilidade os desperdícios, princípio fundamental do STP. De acordo com Browning (2000), ter disponível a informação correta no momento certo é uma das mais importantes fontes de agregação de valor.

É papel da administração no STP contribuir para o aprendizado organizacional, tendo em vista que deste depende a velocidade de reação às mudanças organizacionais. Uma forma de realizar essa função é por meio da sustentação do trabalho em equipe. A utilização de equipes de trabalho traz à organização um senso de responsabilidade não individual, mas coletivo, visto que é função de todos os funcionários o sucesso da execução das tarefas. A constante eliminação dos desperdícios torna-se um desafio para os membros das equipes, visto que os desperdícios funcionam como amortecedores para o processo, e sua eliminação obriga o constante estado de alerta aos funcionários (LIKER, 2005). Esse desafio exige constante aprendizagem, para que o mesmo seja superado. Assim, deve existir na organização um líder que suporte as equipes e funcione como uma válvula de segurança. Conforme Liker (2005), é papel de um líder suportar as equipes, mas o mesmo deve também passá-las tarefas desafiadoras e deixar que as pessoas se esforcem para executá-las antes de solicitar ajuda. A solução de problemas e a melhoria contínua são responsabilidades dos membros das equipes, uma vez que eles estão em contato direto com as tarefas que agregam valor, são os mais capacitados para otimizá-las.

A utilização de equipes desde as fases iniciais do desenvolvimento de produtos é necessária e essencial para seu melhor desempenho e resultado. As equipes de projeto contribuem para que o produto gerado consiga ser desenvolvido e produzido com o menor grau de incertezas e desperdícios. Como o desenvolvimento de produtos envolve, por natureza, diferentes competências ao longo das diversas áreas da empresa, é necessário

trabalhar seu aspecto multidisciplinar e não tratá-lo de maneira sequencial e isolada. Assim, através da utilização de representantes de diferentes áreas atingidas pelo projeto, consegue-se visualizar previamente as necessidades, limitações e anseios dos diferentes clientes, possibilitando a concepção de um produto enxuto.

De acordo com Zancul, Marx e Metzker (2005), as empresas com o intuito de superar as limitações da abordagem tradicional de desenvolvimento de produtos e reduzir o tempo necessário para lançar novos produtos no mercado, estão realizando mudanças organizacionais e de processo, tais como a formação de times multifuncionais de desenvolvimento. A formação multidisciplinar favorece o desenvolvimento, gerando vantagens para o processo e para o produto, segundo Kusar *et. al* (2004), essas vantagens são: colaboração flexível, não planejada e contínua, compromisso em atingir os objetivos, comunicação (troca de informação), habilidade de fazer acordos, consenso, coordenação (controlando interdependências entre as atividades), melhorias contínuas a fim aumentar a produtividade e redução do tempo dos processos. Conclui-se que a formação de equipes multidisciplinares é fundamental para que se consiga projetar produtos que atendam os princípios do STP.

O segundo aspecto salientado pela cultura administrativa é o desenvolvimento e estímulo da confiança das pessoas da empresa. Este aspecto deve ser salientado em todas as áreas da organização. Durante as fases iniciais do desenvolvimento de novos produtos o senso de confiança é necessário para que exista uma melhor integração do trabalho em equipe e um maior estímulo ao cumprimento das metas. A confiança da organização pode ser estimulada através da figura do líder. Para Bennis (1996 *apud* Gruber 2001), há quatro ingredientes que os líderes precisam ter para desenvolver a confiança:

- Constância: líderes mantêm-se no curso planejado;
- Coerência: líderes fazem o que dizem;
- Confiabilidade: estão prontos para apoiar seus colaboradores;
- Integridade: líderes cumprem seus compromissos e promessas.

Morgan e Liker (2006a) mostram em sua obra que o modelo do STP de liderança deve estar relacionado, principalmente, a um ambiente de aprendizagem, onde o líder deve exercer um papel integrador, apresentando competência técnica e desenvolvendo equipes, aproveitando as melhores idéias dos funcionários para geração de melhorias. As ações do líder contribuem para a geração de confiança dentro da organização. Os líderes apesar de capacitados não solucionam os problemas, eles estimulam os funcionários com o desafio, o

suporte é dado na forma de orientação e instrução do caminho a ser seguido (LIKER, 2004). Segundo Gruber (2001), o papel do líder pode mudar o ambiente a tal ponto que as pessoas se sintam com mais espaço para agir corretamente, e assim contribuir para o alcance das metas estabelecidas. De acordo com Liker (2005), os líderes devem ver nos problemas oportunidades de treinar e instruir o seu pessoal. O senso de confiança desenvolvido pelo líder durante o desenvolvimento de produtos é importante para o sucesso do projeto. O engajamento das equipes com relação ao propósito é fundamental para o alcance das metas estabelecidas. Dessa forma, o estímulo e desenvolvimento da confiança dos funcionários deve estar presente desde as fases iniciais do desenvolvimento de novos produtos, para que as necessidades dos clientes sejam alcançadas através do produto gerado.

A integração entre as partes envolvidas é o terceiro aspecto enfatizado pela cultura administrativa. O STP busca integrar os processos entre si, como uma cadeia. A integração é um dos fatores que possibilitam o sucesso do STP (LIKER 2004). A eliminação dos desperdícios, através da identificação das tarefas que não agregam valor aos produtos, possibilita que os processos trabalhem em fluxo, integrados e puxados pelas necessidade dos clientes. O trabalho em fluxo contribui para a integração das diversas áreas das empresas, as mesmas devem estar preparadas para suportar a ausência de amortecedores nos processos. Segundo Womack e Jones (1996), o trabalho em fluxo contínuo faz com que a empresa reveja todo o seu processo produtivo, administrativo, sua cadeia de suprimentos e o trabalho em equipe. Os processos que funcionam de maneira fluida, tendo como puxador a demanda dos clientes, acarretam vantagens para a organização, tais como: maiores velocidades de processamento, redução dos estoques intemediários, maior rapidez do retorno sobre os investimentos, aumento da flexibilidade da fábrica, entre outras (WOMACK e JONES, 1996). Ter o mercado como puxador da demanda durante o processo de desenvolvimento de produtos evidencia a necessidade da empresa de uma maior velocidade de resposta ao cliente durante todo o processo. Para tanto, as empresas necessitam rever suas decisões relacionadas ao produto, pois a errônea definição de alguma parte do produto, pode acarretar em atrasos significativos no seu lançamento. Assim, a integração entre as partes envolvidas no processo de desenvolvimento de produtos auxilia a tomada de decisão, acelera o desenvolvimento e torna visível as necessidades dos diferentes clientes. A integração entre os membros da equipe facilita a eliminação dos desperdícios, a aprendizagem organizacional, a melhoria contínua, a agregação de valor e aproxima a figura do cliente da empresa.

A integração entre as diversas áreas envolvidas pelo projeto deve estar presente desde as fases iniciais do processo de desenvolvimento de produtos. A participação de todos os

envolvidos com o projeto, inclusive fornecedores, é fundamental para uma melhor concepção do produto. De acordo com Consoni e Carvalho (2002), a maior integração entre fornecedores e empresas nas atividades do desenvolvimento de produtos possibilita a redução da complexidade dos projetos e dos prazos de execução, a frequência de renovação dos produtos e tecnologias, menores custos e divisão de responsabilidades. A integração entre o projeto e a manufatura é essencial, pois a manufaturabilidade dos produtos deve ser considerada para que se possa gerar uma melhor concepção. Deve-se conceber produtos com menores índices de desperdícios, facilitando um fluxo de produção contínuo.

A integração com a área de marketing também se faz essencial, já que esta representa a voz do cliente e por meio da informação repassada por esse setor é que o produto é desenvolvido. A atenção dada aos requisitos do mercado é a base que guia todo o desenvolvimento. O projeto deve estar integrado com o valor, definido pelas perspectivas dos clientes. Segundo Morgan e Liker (2006a), o nível de desempenho do projeto, baseado nas necessidades dos clientes, deve ser repassado a todos os envolvidos sob a forma de objetivos mensuráveis, garantindo um alinhamento das ações. É necessário, portanto, encorajar as diferentes áreas e funções a exercerem uma comunicação clara, principalmente entre o desenvolvimento, produção, marketing e interessados no projeto, para que os objetivos do projeto estejam alinhados e todos estejam caminhando na mesma direção (BROWN e EISENHARDT, 1995; COOPER e KLEINSCHMIDT, 1995; HAUPTMAN e HIRJI, 1996). Segundo Olson *et al.* (2001), a cooperação entre o desenvolvimento, o marketing e a produção nas fases iniciais do projeto aumenta a probabilidade de sucesso do produto.

O quarto aspecto enfatizado pela cultura administrativa está relacionado à tomada de decisão focada no longo prazo, possibilitando maior competitividade e sustentabilidade às empresas. Segundo Liker (2005), o pensamento a longo prazo deve sobrepor às metas financeiras de curto prazo.

As decisões com enfoque no longo prazo também devem nortear os novos projetos e devem torná-los sustentáveis durante todo o seu ciclo de vida. As decisões devem ser postergadas a níveis menores de incertezas, já que o custo de modificação ao longo do projeto aumenta com o tempo. A abordagem *set-based* trabalha com as incertezas do projeto que estão associadas a vantagens competitivas sustentáveis (WARD; et al., 1995). Esta contribui para a sustentabilidade das decisões tomadas com relação ao projeto. À medida que o grau de incerteza diminui, ou seja, o mais perto possível do lançamento é possível para as empresas agregar maior valor aos projetos, visto que algumas necessidades ficam mais explícitas. Ford

e Sobek (2005) relatam que atrasos na decisão do projeto podem agregar valor aos produtos, caso o atraso ocorra de maneira a permitir a seleção da solução ótima.

De acordo com Ford e Sobek (2005), a abordagem *set-based* trabalha com a construção de um conjunto de alternativas viáveis para múltiplas perspectivas que são gradualmente eliminadas, objetivando selecionar a opção ótima. Os autores relatam que a eliminação das soluções ocorre à medida que as mesmas apresentem falhas que interfiram no projeto, tais como: performance, desempenho, custos, manufaturabilidade e integração. Esta abordagem possibilita a seleção de partes do produtos intercambiáveis entre si, onde essas são eliminadas gradativamente, onde seleciona-se a melhor concepção visualizando o todo e não as partes.

Muitas organizações apresentam um modelo de convergência denominado *point-based*, nesse caso a solução de projeto é decidida inicialmente, melhorias e modificações ocorrem com diversas iterações entre as áreas atingidas ao longo do desenvolvimento. As inúmeras iterações consomem das empresas, tempo e recursos e não conduzem necessariamente a um projeto ótimo (LIKER e MORGAN, 2006a). A abordagem *point-based*, foca na seleção da concepção de forma integral, onde a modificação de alguma parte do produto pode representar modificações no todo. Isto contribui para maiores índices de retrabalho e desperdícios.

Conclui-se que trabalhar a convergência para a melhor solução, através da abordagem *set-based* possibilita a utilização dos princípios do STP durante o desenvolvimento de produtos. Segundo Morgan e Liker (2006a), a abordagem *set-based* elimina desperdícios, tendo em vista que uma vez escolhida a solução dificilmente ocorrem retrabalhos, já que a concepção é postergada para que o grau de incerteza na tomada de decisão seja reduzido.

O enfoque administrativo do STP é muito importante para a criação de sistemas enxutos. Para que o desenvolvimento de produtos gere soluções adequadas aos princípios do STP é necessária a consideração deste aspecto durante as fases do desenvolvimento. As etapas mais críticas são as iniciais, nas quais grande parte das decisões tomadas refletirão no produto por todo o seu ciclo de vida.

### 2.2.3 Enfoque Técnico do Sistema Toyota de Produção

Segundo Convis (2001), o enfoque técnico está relacionado com a utilização de técnicas frequentemente associadas à produção enxuta. O autor relata que a utilização de técnicas enxutas somente serão eficazes com administração e filosofia corretas. De acordo



com Morgan e Liker (2006b), os cinco principais aspectos enfatizados pelo enfoque técnico são: *Just in Time* (JIT), automação, nivelamento da produção (*heijunka*), processos estáveis e o engajamento das pessoas no *Kaizen*.

O primeiro aspecto enfatizado pela abordagem técnica é o JIT. Conforme Maximiano (2005), o princípio do JIT é estabelecer um fluxo contínuo de materiais, sincronizado com o processo produtivo, objetivando o mínimo estoque possível. O sistema JIT pode ser visto como uma filosofia de trabalho que busca a constante eliminação dos desperdícios, tendo como objetivos fundamentais: qualidade e flexibilidade do processo (FERREIRA, 2004). Segundo Czabke (2007), o JIT é guiado pelos princípios da produção puxada. De acordo com Ferreira (2004), o sistema de produção puxada é uma maneira de conduzir o processo de forma que cada operação requisite da operação anterior os componentes e os materiais para sua execução, seguindo a demanda do cliente. Slack *et al* (1997) mostra o JIT como sendo uma abordagem disciplinada que visa produzir bens e serviços exatamente no momento em que são necessários, com qualidade e sem desperdícios. O pleno funcionamento da abordagem JIT necessita que os objetivos de desempenho da manufatura apresentem alta performance (SLACK, *et al.*, 1997).

A introdução de novos produtos interfere no funcionamento da abordagem JIT, visto que ocorre uma interferência nas variáveis de desempenho do ambiente da manufatura, tais como qualidade, velocidade, custos, flexibilidade e confiabilidade. O desenvolvimento de produtos deve considerar os objetivos do JIT para que sejam geradas concepções que vão de encontro à abordagem. Segundo Ferreira (2004, p. 48), as metas do JIT com relação à produção são: “zero defeitos, tempo zero de preparação, estoque zero, movimentação zero, quebra zero, *lead time* zero e lote unitário”. Portanto, é importante a integração entre o projeto e manufatura para que as concepções geradas pelo desenvolvimento de produtos atinjam as metas da abordagem JIT no ambiente fabril e conseqüentemente contribuam para o cumprimento dos princípios do STP, podendo esta ocorrer através da criação de equipes multifuncionais durante o processo de projeto do produto.

Os fundamentos da abordagem JIT podem disponibilizar informações corretas das especificações dos produtos no local e momento necessário. Segundo Kopelman (1996), a consideração do JIT no desenvolvimento de produtos pode ser alcançada pela aplicação de três conceitos bem conhecidos:

- Visão do produto: todos os membros da equipe de projeto devem conhecer as metas necessárias para que o produto seja entregue ao mercado com qualidade e no momento planejado;

- Missão: deve existir um comprometimento da equipe, com o apoio de um líder, em realizar o que foi estabelecido na visão;
- Processo: o desenvolvimento de produtos deve ser encarado pela organização como um processo, com estágios definidos. Grande ênfase deve ser dada às fases iniciais do processo, pois menores serão os custos de modificação.

A utilização dos conceitos descritos por Kopelman (1996), confirma a importância do trabalho em equipe; da integração entre as diversas áreas envolvidas, principalmente a manufatura; e do papel fundamental de um líder de projeto, conforme relatado nas seções 2.3.1 e 2.2.2 .

O segundo aspecto enfatizado pela abordagem técnica é a autonomia. A autonomia é definida como a capacidade de interromper o processo, quando este apresentar problemas, com o objetivo de aumentar a qualidade (LIKER, 2004). O STP trabalha com níveis mínimos de estoque, desta forma, é muito importante que se produza de forma correta desde a primeira tentativa. Com níveis baixos de estoque qualquer parada na manufatura produz um efeito indesejável no restante da fábrica (BUKOWISK e LITTERAL, 2006).

Segundo Liker (2004, p. 137) primar pela qualidade na estação de trabalho “é muito mais eficaz e onera menos que a inspeção e o conserto posteriores dos problemas de qualidade”. Assim, a exata definição das especificações do produto permite que os mesmos possam ser produzidos corretamente desde a primeira tentativa. Como dito anteriormente, as fases iniciais do desenvolvimento de produtos devem considerar os possíveis desperdícios que poderão ser gerados pela concepção escolhida e assim evitá-los através da correção dos fatores causadores de perdas, permitindo ao desenvolvimento de produtos estar em sintonia com a raiz do STP. Bukowisk e Litteral (2006) relatam que a fabricação de produtos defeituosos contribui para a criação de todos os tipos de desperdícios, conforme definido na seção 2.1 deste capítulo. É importante que o projeto chegue à fabricação livre de defeitos, possibilitando um menor grau de interferência no desempenho da manufatura e indo de encontro às necessidades dos clientes.

O terceiro aspecto enfatizado pelo enfoque técnico é o nivelamento da produção, que pode ser visto como a capacidade da manufatura em rebaixar os picos e elevar os vales na produção, de forma que a suavizar a superfície do fluxo para melhor atender a demanda dos clientes (OHNO, 1997). Os produtos devem ser produzidos de acordo com fluxo real de pedido dos clientes, no entanto para que a fábrica apresente flexibilidade para atender a demanda do mercado os tempos de troca das ferramentas devem ser reduzidos. Liker (2005)

apresenta que o STP deve focar não apenas na eliminação do que não agrega valor, mas também na sobrecarga de pessoas e equipamentos e no desnivelamento. As diversas fontes de desperdícios podem prejudicar a produtividade das pessoas e do sistema produtivo e impedir o correto nivelamento da organização.

A preferência por componentes padronizados durante o desenvolvimento de novos produtos contribui para a flexibilidade da manufatura, conforme relatado na seção 2.2.1. A padronização apresenta diversas vantagens, das quais se pode citar a redução da necessidade de *setup*, fator que facilita o nivelamento da produção na fábrica. Morgan e Liker (2006a) mostram que a utilização de componentes padronizados, durante o desenvolvimento de produtos, evita desperdícios, pois impede o super-processamento e correções de defeitos de partes anteriormente projetadas. A modularidade dos componentes é outro aspecto que contribui com a manufatura, pois conforme define Ulrich (1995), esta permite a otimização de performance local, através da possibilidade de projetar, testar e aprimorar o componente independentemente. Otto e Wood (2005), apresentam a modularidade como forma de desacoplar tarefas, principalmente as da manufatura, aumentando a flexibilidade da mesma. Em suma, a modularidade, de certa forma, reduz o número de peças, a complexidade da estruturas e roteiros, e facilita a montagem, contribuindo para um melhor desempenho da fábrica.

Outro fator importante a ser considerado durante o desenvolvimento de produtos é a utilização dos recursos. De acordo com Morgan e Liker (2006a), a utilização demasiada de recursos influencia na velocidade de lançamento do produto no mercado. Os autores relatam que o *lead time* da fase de desenvolvimento do produto cresce linearmente com o aumento da utilização dos recursos, mas quando cerca de 80% da capacidade dos recursos é utilizada o *lead time* cresce de maneira exponencial. Segundo Adler (1996 *apud* Morgan e Liker 2006), quando cerca de 80% da capacidade dos recursos é utilizada qualquer variabilidade do processo ocasiona atrasos, crescimento do *lead time* e problemas de qualidade. Dessa forma, um planejamento da utilização dos recursos deve ser realizado durante o desenvolvimento de produtos, principalmente nas fases iniciais, onde há grande demanda de trabalho e informações. A alocação dos recursos nos projetos deve prever a real carga de trabalho necessária para o cumprimento dos prazos. A capacidade dos recursos deve ser utilizada de maneira a permitir uma folga para que possíveis problemas durante o desenvolvimento possam ser resolvidos sem formarem gargalos.

O quarto aspecto realçado pelo efoque técnico é a utilização de processos estáveis. A estabilidade do processo está fortemente relacionada à confiabilidade das operações. Para

tanto o STP se utiliza da manutenção produtiva total (TPM). De acordo com Slack *et al.* (1997), a TPM busca eliminar a variabilidade dos processos produtivos, através do envolvimento de todos os funcionários no aprimoramento da manutenção. Os autores relatam que a TPM incentiva os “donos” dos processos a assumirem as responsabilidades por suas máquinas e a executarem manutenção rotineira, liberando os especialistas em manutenção a executarem melhorias nos sistemas de ordem superior. Conforme relata Ohno (1997, p.113), a prevenção é melhor que a cura, já que a força do STP “não vem dos seus processos de recuperação mas sim da sua manutenção preventiva”. A utilização de processos padronizados é outro fator que contribui fortemente com a estabilidade do processo. Segundo Ferreira (2004, p.70), “a padronização das operações busca obter a máxima produtividade por meio da identificação e padronização dos elementos de trabalho que agregam valor e eliminam as perdas”. A padronização das operações evita a aleatoriedade na execução das tarefas, as flutuações dos tempos de ciclo e o descumprimento da real demanda, sendo fonte para a melhoria contínua. De acordo com Liker (2005), se não houver padrões nos processos, qualquer melhoria efetuada será considerada apenas uma variação. Os padrões estabilizam o processo para que o aperfeiçoamento contínuo possa ser executado.

O conceito de estabilidade pode ser transferido ao desenvolvimento de produtos, através da padronização dos processos produtivos e da consideração das limitações e necessidades da manufatura. Considerando que a estabilidade dos projetos está relacionada com a ausência de falhas nos produtos, deve a concepção dos mesmos considerar previamente os possíveis pontos geradores, pois estas acarretam em atrasos e desperdícios. A aplicação da análise de falhas no desenvolvimento de produtos influencia a qualidade, os custos e o tempo de lançamento dos produtos (HUANG, SHI E MAK, 2000). Assim, as fases iniciais do desenvolvimento de produtos devem prever as fontes de falhas, considerando seus impactos globais e sempre que necessário eliminá-las.

A padronização dos processos também auxilia na estabilidade dos mesmos, contribuindo para uma maior produtividade da manufatura. O desenvolvimento de produtos pode contribuir para a produtividade da manufatura através do enquadramento dos produtos em famílias pré-existentes, utilizando células de produção com padrões já conhecidos para que os diversos tipos de perdas possam ser evitados (FERREIRA, 2004). Uma vez conhecido o processo, maior a probabilidade de êxito na produção dos produtos.

O quinto aspecto ressaltado pelo enfoque administrativo é o engajamento das pessoas no *Kaizen*. O processo de melhoria contínua nas diversas áreas da empresa é essencial para o sucesso da organização e deve estar baseado na filosofia de longo prazo ,conforme dito na

seção 2.2.1 deste capítulo. Segundo Slack *et. al* (1997), o engajamento das pessoas no estabelecimento da melhoria contínua é essencial, pois se trata de um processo de pequenas melhorias incrementais que somadas geram grande impacto.

Quando as melhorias são direcionadas ao desenvolvimento de produtos, estas podem interferir significativamente na qualidade da concepção gerada, conforme relatado na seção 2.2.1 deste capítulo. Segundo Womack e Jones (1996), o maior estímulo para a melhoria contínua é permitir que todos possam entender o sistema e visualizar melhores formas de agregar valor. Assim, conclui-se que é necessário que os membros das equipes tenham total conhecimento das necessidades dos clientes e consigam ver o impacto de suas ações sobre as metas estabelecidas e sobre o projeto total, para que esses possam propor melhorias direcionadas ao mercado sem impactar negativamente em outras áreas, estando assim realmente engajados no processo de melhoria contínua.

Conforme pode ser observado ao longo do capítulo o enfoque técnico é essencial para que as empresas possam usufruir dos benefícios do STP. Os cinco aspectos por ele relacionado podem ser transferidos para o desenvolvimento de produtos, principalmente para as fases iniciais, resultando em ganhos significativos para organização através da geração de concepções integradas a abordagem do STP.

### **2.3 Considerações do Capítulo**

Este capítulo apresentou a importância de se considerar os requisitos do STP durante as fases iniciais do desenvolvimento de produtos. Foi apresentada a estrutura do STP, assim como a estrutura que define o sistema.

O detalhamento da estrutura do STP e seus impactos no desenvolvimento de produtos foram relacionados nas seções 2.2.1, 2.2.2 e 2.2.3, o que permitiu o cumprimento dos objetivos específicos: “Estabelecer os princípios do STP a serem considerados nas fases iniciais do desenvolvimento de produtos” e “Estabelecer os enfoques do Sistema Toyota de Produção necessários a geração da concepção”.

O objetivo específico: “Estabelecer a relação entre as etapas das fases iniciais de desenvolvimento de produtos e o STP” será cumprido no capítulo seguinte através da apresentação das ferramentas a ser utilizadas no modelo proposto.

### CAPÍTULO 3 – MODELO PROPOSTO

O modelo proposto neste capítulo utiliza as premissas da abordagem enxuta, onde se busca selecionar alternativas de concepção para o produto que gerem os menores níveis de desperdícios. A adequação das fases do desenvolvimento de produtos é baseada na metodologia apresentada por Rosenfeld *et al.*, (2006). A escolha pelo modelo de Rozenfeld se dá por este se tratar de um modelo genérico, baseado em metodologias consagradas, unificando em uma sequência de etapas as melhores práticas de desenvolvimento.

Será proposta neste capítulo uma adequação das fases de projeto informacional e conceitual, para que o resultado atenda aos princípios do STP. A figura 3.1 apresenta a abordagem metodológica para o processo de desenvolvimento de produtos apresentada por Rozenfeld *et al.*, (2006) integradas com as etapas do modelo proposto. Como se pode observar, para que o resultado atendesse as premissas do STP foram efetuadas adaptações e modificações no modelo de Rozenfeld *et al.*, (2006). A descrição de cada etapa é realizada no decorrer deste capítulo, onde será apresentando detalhadamente cada estágio.

Este modelo tem como principal objetivo direcionar a concepção do produto a uma solução que gere menor grau de desperdício. Para tanto este é composto de etapas que permitirão o cumprimento do objetivo principal.

A fase informacional, composta pelas etapas de 1 a 9, foi desenvolvida de forma a discriminar os diferentes tipos de cliente e suas necessidades, tendo como resultado as especificações metas e os requisitos *lean*.

A fase conceitual, composta pelas etapas de 10 a 17, foi desenvolvida com o intuito de postergar a decisão pela concepção final, visto que esta elimina gradativamente os princípios de solução para as diferentes funções, visando a redução dos desperdícios, além de primar pelo aproveitamento do conhecimento gerado por projetos anteriores.

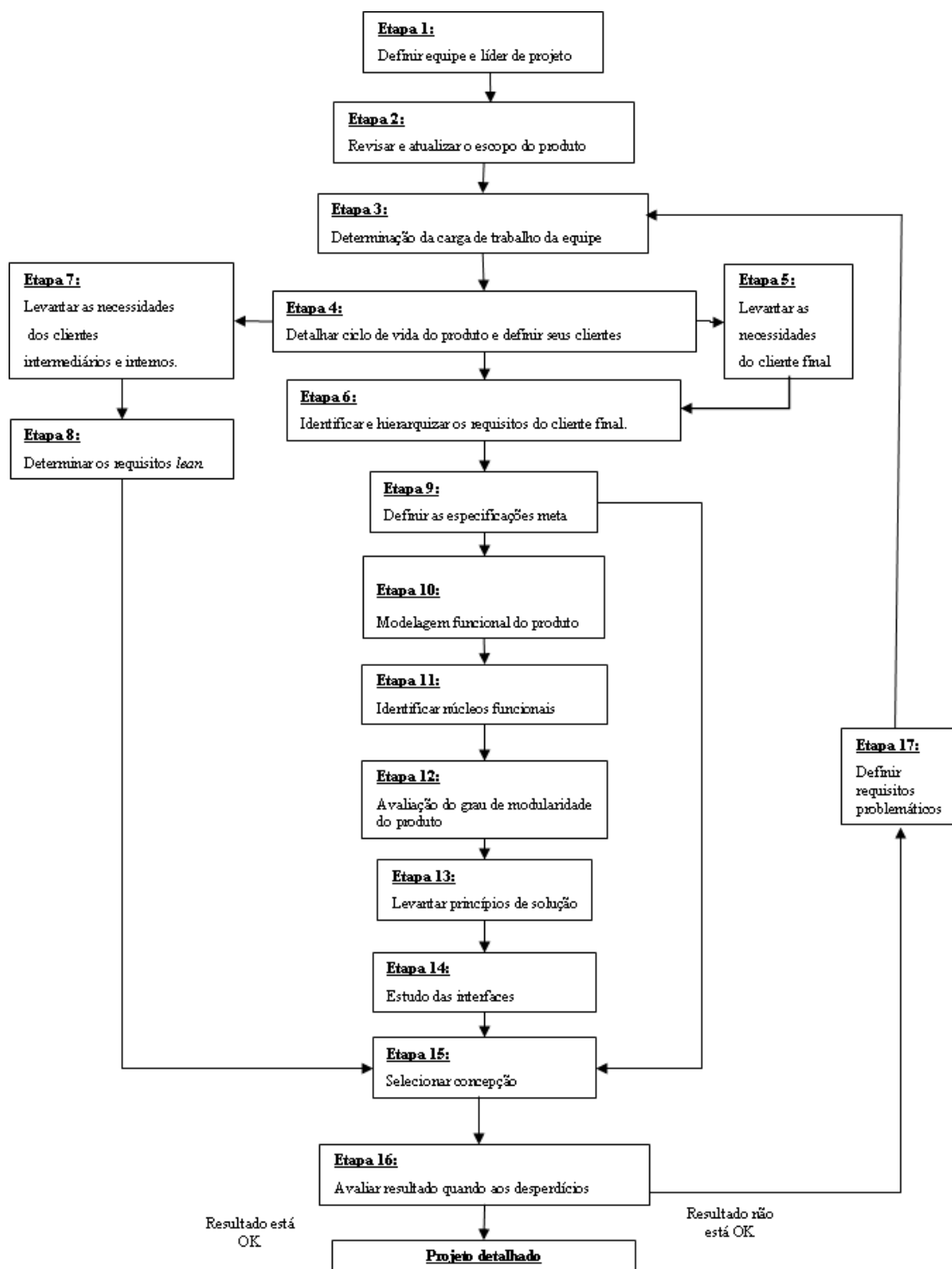


Figura 3.1 – Descrição das etapas do modelo proposto.

### 3.1 Apresentação Geral do Modelo

O conjunto de etapas apresentados na figura 3.1 é integrado ao modelo de PDP apresentado por Rozenfeld *et al* (2006). Embora estruturado com base na metodologia dos autores, algumas atividades por eles descritas sofreram adaptações, portanto foram incluídas algumas etapas para que o modelo contemplasse os princípios do STP possibilitando a concepção de produtos com menores níveis de desperdícios.

As etapas foram estruturadas de maneira a diferenciar durante toda a aplicação do modelo as necessidades dos diferentes clientes, facilitando a visualização das interfaces existentes e consequentemente o processo decisório.

A aplicação do modelo pode ocorrer de duas formas: realizando-se todas as etapas quando se trata de um novo produto, ou iniciando-se na fase de avaliação do projeto, para os casos de reprojeção.

A seguir serão descritas as etapas do modelo proposto para facilitar a compreensão e a aplicação da proposta.

### 3.2 Descrição das Etapas do Modelo

#### 3.2.1 Etapa 1 - Definir equipe e líder de projeto

Esta etapa tem como objetivo auxiliar a organização na escolha da equipe e do líder de projeto que irão atuar durante todo o processo de desenvolvimento de produtos. Para a execução desta etapa, primeiramente deve-se selecionar o líder do projeto. Segundo apresentado na seção 2.2.2, o líder de projeto funciona como integrador da equipe, seu papel é fundamental devido a forte influência exercida no seu campo de atuação, contribuindo assim para o alcance das metas estabelecidas.

A seleção do líder de projeto poderá ser realizada pelo gerente de projetos e produtos ou seu equivalente. O líder de projeto conforme apresentado por Liker (2005), deve ter conhecimento técnico e experiência profissional que justifique sua posição, passando confiança a equipe, sendo dessa forma respeitado, contribuindo para o alcance satisfatório dos resultados.

Para auxiliar a escolha do líder são apresentados na figura 3.2 alguns critérios técnicos e profissionais de seleção.



Critérios			
Pontos	Experiência Profissional	Conhecimentos técnicos	Total
4	Atua como líder de projeto	Conhece filosofia Lean, atua como líder de área, conhece o relacionamento de dependência entre as diversas área, conhece o processo de desenvolvimento de produtos da empresa.	
3	Desenvolve produtos e já atuou como responsável pelo projeto.	Conhece filosofia Lean, atua como líder de área, conhece o relacionamento de dependência entre as diversas área.	
2	Atua em equipes de desenvolvimnto de produtos	Conhece filosofia Lean, atua como líder de área.	
1	Trabalha em áreas impactadas pelo desenvolvimento de produtos	Conhece filosofia Lean.	

Figura 3.2 – Sugestão de critérios técnicos e profissionais de seleção do líder do projeto.

Na figura 3.3 é proposta uma avaliação das habilidades pessoais do possível líder, sendo que o que melhor atender os critérios será considerado o candidato mais capacitado a exercer a função. Inicialmente deve ser solicitado ao gerente de projetos e produtos, ou seu equivalente, que determine o grau de importância dos critérios da habilidade de um líder, sendo a pontuação determinada em ordem crescente de importância, ou seja 1 para o menos importante e 4 para o mais importante.

O cálculo da matriz da figura 3.3 é realizado somando-se a importância dos critérios multiplicada pelas classificações do candidato em relação aos critérios. Por exemplo: o critério “é respeitado” possui peso 4, supondo que a classificação do candidato em relação a este critério é “muito” que possui peso 5, então sua pontuação será  $4 \times 5$  igual a 20, este valor deverá ser somado ao total de pontos do candidato, juntamente com a multiplicação da importância pela classificação dos outros critérios da matriz.

	Classificação	Muito	Médio	Pouco	Não
Critérios	Importância	5	3	1	0
É respeitado	4	x			
Sabe direcionar à solução desejada	3		x		
Habilidade de cooperação	1	x			
Habilidade de comunicação	3		x		
Sabe dividir responsabilidade	2	x			
Sabe gerenciar tempo	3	x			
Total		68			

Figura 3.3 – Exemplo de avaliação das habilidades pessoais do líder. (Adaptado de Bortolanza, 2005).

Determinado o líder de projeto, deve-se selecionar a equipe. A seleção de uma equipe adequada permite melhores níveis de integração e de qualidade do trabalho proposto. De acordo com Capítulo 2, o STP prega o trabalho em equipe realizado de forma integrada, pois isto permite o alcance das metas com menores níveis de desperdícios.

A seleção da equipe poderá ser realizada pelo líder de projeto, juntamente com os gerentes de produtos e processos. Alguns critérios técnicos e profissionais são apresentados na figura 3.4, com o objetivo de facilitar a seleção dos membros da equipe. É importante que esses sejam selecionados vindos de diferentes áreas, para que se forme uma equipe multifuncional.

Critérios da equipe			
Pontos	Experiência Profissional	Conhecimentos Técnicos	Total
4	Sua área de trabalho possui interface com o área de desenvolvimento de produtos da empresa ,já participou de equipe de desenvolvimento de produto, trabalha em equipe, sua área de atuação é impactada diretamente/indiretamente por novos	Conhece a Filosofia Lean, conhece o processo de desenvolvimento de produto e seus impactos, conhece o impacto de suas ações no cliente final, conhece a relação da sua área de atuação com as outras áreas da empresa.	
3	Sua área de trabalho possui interface com o área de desenvolvimento de produtos da empresa ,já participou de equipe de desenvolvimento de	Conhece a Filosofia Lean, conhece o processo de desenvolvimento de produto e seus impactos, conhece o impacto de suas ações no cliente final.	
2	Sua área de trabalho possui interface com o área de desenvolvimento de produtos da empresa ,já participou de equipe de desenvolvimento de	Conhece a Filosofia Lean, conhece o processo de desenvolvimento de produto e seus impactos.	
1	Sua área de trabalho possui interface com o área de desenvolvimento de produtos da empresa.	Conhece a Filosofia Lean.	

Figura 3.4 – Sugestão de critérios para seleção da equipe do projeto.

Como realizado na seleção do líder de projeto, são desejáveis algumas habilidades aos membros da equipe. Assim, para a escolha da equipe pode-se proceder de forma similar a realizada na figura 3.3. Uma vez selecionado o líder de projeto e os membros da equipe, estes devem estudar a carga de trabalho da equipe.

### 3.2.2 Etapa 2 - Revisar e atualizar o escopo do produto

Nesta etapa é realizada a revisão e a atualização do escopo do produto, com o objetivo de estudar o problema de projeto. Segundo a metodologia apresentada por Rozenfeld *et al* (2006), esta etapa é composta dos seguintes passos:

- Análise do problema de projeto;
- Analisar tecnologias disponíveis e necessárias;

- Pesquisar padrões/normas, patentes e legislação;
- Pesquisar produtos concorrentes e similares.

A equipe de projeto é responsável pela realização da etapa, juntamente com a coordenação do líder de projeto. Para esta Etapa não são sugeridas alterações e ela seguirá a sequência de tarefas apresentada originalmente por Rozenfeld *et al* (2006). O resultado desta etapa são informações referentes a declaração do escopo do produto; tecnologias; padrões e aspectos legais; e produtos concorrentes. Essas informações servirão de apoio às etapas seguintes do projeto.

### 3.2.3 Etapa 3 – Determinação da carga de trabalho da equipe

Quando determinado o cronograma do projeto, é essencial o estudo da real capacidade de trabalho da equipe, para que seu dimensionamento seja realizado corretamente. A má estipulação da carga de trabalho poderá ocasionar atrasos significativos no lançamento do produto. Conforme apresentado na seção 2.2.3 do Capítulo 2, a utilização demasiada da capacidade dos recursos faz com que qualquer variabilidade no processo ocasione atrasos, além de problemas de qualidade.

A figura 3.5 apresenta um quadro do dimensionamento da carga de trabalho da equipe. Este deve ser preenchido pelo líder de projeto. Depois de selecionada a equipe, o líder deve preencher na planilha o número de participantes, identificando para cada um deles o tempo disponível para o projeto. Posteriormente deve-se calcular a disponibilidade de cada membro, considerando a utilização de 80% da capacidade, para que imprevistos não gerem gargalos nos projetos. O prazo, dimensionado em dias, do projeto também deve ser preenchido. É apresentada na figura 3.6 uma matriz onde devem ser preenchidas as etapas do projeto, juntamente com o número de horas e dias necessário à realização dessas. É importante ressaltar que as horas e número de dias alocados a cada atividade são referentes ao prazo do projeto definido anteriormente. O prazo determinado para o fim do projeto puxa os prazos das atividades anteriores.

O líder preenche o número de horas a ser dedicada por cada membro da equipe às diferentes etapas. O cálculo do número de horas por dia que a etapa exigirá do membro da equipe é calculada. Caso o número de horas diárias exigidas aos participantes em determinada etapa exceda seu tempo disponível, considerando a utilização de 80 % da capacidade, deve-se sinalizar na planilha, representando um alerta, como aparece no exemplo da figura 3.6.

O responsável deve atentar-se à sinalização de trabalho excedente apontado na planilha, pois é uma indicação de sobrecarga e pode gerar atrasos no desenvolvimento do produto. O exemplo apontado na figura 3.6 é realizado para o projeto informacional, o mesmo deve ser feito o para o projeto conceitual.

Número de participantes da equipe:	5				
Tempo do projeto (dias)	100				
Total de horas utilizando 80% da capacidade	640				
Identificação	Ana	André	José	Carlos	Paulo
Tempo de dedicação ao projeto (horas/semana)	8	6	6	5	4
Tempo disponível de cada participante (80% da capacidade)	6,4	4,8	4,8	4,0	3,2

Figura 3.5 – Exemplo de matriz de dimensionamento da capacidade da equipe.

Projeto Informacional	Dias	Tempo (horas)	Ana		André		José		Carlos		Paulo	
			Horas dedicadas	Horas/dia	Horas dedicadas	Horas/dia	Horas dedicadas	Horas/dia	Horas dedicadas	Horas/dia	Horas dedicadas	Horas/dia
Seleção da equipe	1	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Determinar carga de trabalho da equipe	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Revisar e atualizar escopo do produto.	14	40	20	1,4	20	1,4	-	-	20	1,4	-	-
Detalhar o ciclo de vida do produto e definir seus clientes.	8	60	40	5,0	-	-	20	2,5	-	-	-	-
Verificar o enquadramento do produto em alguma família pré existente	8	30	-	-	40	5,0	-	-	-	-	-	-
Hierarquizar os requisitos dos clientes finais baseados no conceito de valor	18	100	100	5,6	50	2,8	50	2,8	70	3,9	50	2,8
Hierarquizar os requisitos dos clientes intermediários em : Limitações, contribuições diretas, contribuições indiretas e neutras	20	150	100	5,0	100	5,0	50	2,5	50	2,5	-	-
Definir requisitos do produto (hierarquizados)	15	70	50	3,3	-	-	-	-	20	1,3	-	-
Definir especificações do produtos.	15	100	50	3,3	-	-	50	3,3	50	3,3	40	2,7

Figura 3.6 – Exemplo de matriz de dimensionamento da carga de trabalho.

A realização desta etapa poderá indicar a necessidade de um acréscimo no número de participantes da equipe, caso haja sobrecarga e não seja possível redimensionar o tempo ou a carga de trabalho entre os atuais membros. A disponibilidade de tempo dedicado ao projeto de cada um dos participantes também poderá ser reavaliada com o dimensionamento da carga de trabalho, pois alguns deles podem ter excesso de tempo ou falta deste, para cumprir com os prazos estabelecidos.

#### 3.2.4 Etapa 4 - Detalhar ciclo de vida do produto e definir seus clientes

O ciclo de vida do produto deve ser detalhado para que a empresa identifique suas diferentes fases, assim poderão planejar seus produtos em termos recursos financeiros, desenvolvimento, lançamento, crescimento, maturidade e declínio. A equipe de projeto deve

também identificar os clientes do produto correlacionados as diferentes fases do seu ciclo de vida. Essas informações serão fundamentais ao andamento do projeto.

Para a realização desta etapa não foram necessárias adaptações em relação ao que propôs originalmente Rozenfeld *et al* (2006), podendo ser utilizados modelos de ciclo de vida já consagrados pela literatura.

### 3.2.5 Etapa 5 - Levantar as necessidades do cliente final

A realização desta etapa é responsabilidade da área de marketing da empresa. Os responsáveis deverão entregar à equipe de projeto a compilação das necessidades do cliente final, para que mesma as transformem em requisitos. Os requisitos são as necessidades dos clientes tratadas de forma objetiva, concreta, sem redundâncias ou ambigüidade. A execução desta etapa pode ser realizada através de pesquisas de mercado, observação do cliente, pesquisas em grupo (*focus group*), entre outras. O resultado desta etapa é muito importante e deve ser verídico, pois o mesmo guiará todo o desenvolvimento do produto.

### 3.2.6 Etapa 6 - Identificar e hierarquizar os requisitos do cliente final

Esta etapa inicia com o resultado do levantamento das necessidades do cliente final em cada fase do ciclo de vida realizado pelo marketing. Primeiramente a equipe de projeto trata as necessidades obtidas diretamente dos clientes, reescrevendo-as na forma de requisitos. Uma vez realizado o tratamento devem-se valorar os diferentes requisitos, verificando a importância de cada um deles. Para tanto, é proposto uma matriz de relação entre as necessidades, onde objetiva-se medir o grau de importância dos diferentes requisitos comparados entre si, ou seja, determinar o que agrega valor na visão do cliente. Esta tarefa deve ser realizada de maneira que o cliente determine o grau de importância e não a equipe de projeto, podendo ser realizada em parceria com o Marketing. A figura 3.7 apresenta um exemplo de uma matriz de relação focada nos clientes finais, esta foi estruturada com base no método *Analytical Hierarch Process* (AHP) definido por Saaty, 1991. A relação entre os requisitos deve ser analisada aos pares, de maneira comparativa. Por exemplo, ao avaliar a importância do “Requisito 1” deve-se ponderar se este é muito mais, mais, um pouco mais ou igualmente importante que os demais requisitos.

Relação: 7- Muito mais importante; 5-mais importante; 3-um pouco mais importante; 1-igualmente importante .	Requisito								Total
	A	B	C	D	E	F	G	H	
Requisito 1	A	7	1	1	5	7	3	3	28,00
Requisito 2	B	1/7	3	3	1	7	3	3	21,14
Requisito 3	C	1	1/3	1	5	1	1	1	11,33
Requisito 4	D	1	1/3	1	1	1	1	5	11,33
Requisito 5	E	1/5	1	1/5	1	5	1	1	10,40
Requisito 6	F	1/7	1	1	1/5	1	1	3	7,49
Requisito 7	G	1/3	1/3	1	1	1	1	3	8,67
Requisito 8	H	1/3	1/3	1	1/5	1	1/3	1	3,20

Figura 3.7 – Exemplo de matriz de relação dos requisitos de clientes finais.

No exemplo da figura 3.7 as relações são avaliadas sempre considerando o requisito da linha a base de comparação para o da coluna. Por exemplo, o requisito 1, quando avaliado com relação ao requisito 2, verifica-se que ele é muito mais importante, portanto sua relação é de 7, se o requisito 2 fosse muito mais importante a relação seria de 1/7. Uma vez realizada a relação entre os requisitos, a equipe de projeto terá disponível a visão dos clientes com relação aos requisitos, que uma vez atendidos, agregarão valor ao produto final. O resultado desta etapa é a determinação da importância dos requisitos dos clientes, conforme apresentado no exemplo da figura 3.8. A importância relativa foi determinada pela divisão dos pontos de cada requisito pela soma total dos pontos. Por exemplo, na figura 3.8, a importância do requisito “1” foi determinada dividindo-se “28” pela soma dos pontos “101,56”, resultando “0,28”.

Requisitos do cliente priorizados		Pontos	Importância
A	Requisito 1	28,00	0,28
B	Requisito 2	21,14	0,21
C	Requisito 3	11,33	0,11
D	Requisito 4	11,33	0,11
E	Requisito 5	10,40	0,10
F	Requisito 6	7,49	0,07
G	Requisito 7	8,67	0,09
H	Requisito 8	3,20	0,03
		101,56	

Figura 3.8 –Exemplo de priorização dos requisitos de clientes.

### 3.2.7 Etapa 7 - Levantar as necessidades dos clientes intermediários e internos

Esta etapa consiste no levantamento das necessidades de todos os clientes do produto que não sejam os finais. A responsabilidade pela execução desta etapa é da equipe de projeto, que deverá mapear as possíveis cadeias de valor que o produto poderá seguir, considerando as diferentes áreas impactadas pelo produto. Nesse mapeamento são levantados aspectos que se atendidos evitam desperdícios durante a cadeia de produção e de distribuição do produto. O levantamento destas necessidades pode ser realizado através de pesquisa de mercado com os diferentes clientes afetados, onde estes, através de pesquisa qualitativa, tais como enquetes, entrevistas e *focus group* (AAKER *et. al*, 2001), poderiam listar quais são seus anseios limitações e capacidade. Nesta etapa se definirá como cliente intermediário e interno todos as interfaces impactadas pelo novo produto, mas que não sejam os usuários finais do mesmo. O resultado desta etapa é o levantamento das necessidades dos clientes intermediários e internos. É importante que a lista de necessidades resultante desta etapa esteja discriminada por solicitante.

### 3.2.8 Etapa 8 - Determinar os requisitos *Lean*

Esta etapa se inicia com o tratamento das necessidades dos clientes intermediários e internos, transformando-as em requisitos. A transformação das necessidades em requisitos é realizada através da classificação das necessidades, possibilitando a eliminação das repetições e o agrupamento das similaridades, as reescrevendo sob linguagem técnica (ROZENFELD *et. al*, 2006). Segundo Fonseca 2000, o tratamento das necessidades dos clientes em requisitos pode ser reescrito sob a forma de frases curtas compostas por verbo mais substantivo. Por exemplo, para uma cadeira a necessidade conforto pode ser traduzida para o requisito ser ergonômica.

Realizado o tratamento das necessidades, as transformando em requisito, será realizada a determinação do seu grau de importância, procurando valorar os aspectos que contribuem para uma abordagem enxuta. Assim, deverá ser feita uma relação, buscando medir o grau de interferência entre esses requisitos e os do cliente final. Essa relação determinará quais serão os requisitos considerados *Lean*, pois os avaliará com foco na redução dos desperdícios e na capacidade de atender as necessidades dos clientes. O resultado desta etapa será utilizado na seleção dos princípios de solução, contribuindo para a determinação da concepção ótima.

A figura 3.9 apresenta um exemplo de como poderá ser realizada a determinação do grau de importância dos requisitos dos clientes intermediários e internos. Seu preenchimento e cálculos são realizados de maneira similar ao apresentado na figura 3.7. A matriz representada na figura 3.9 apresenta os requisitos dos clientes separados por solicitante, exemplificou-se utilizando a produção e a montagem, mas a matriz pode considerar clientes como: fornecedores, distribuidores, descarte, ou seja, toda a cadeia pela qual possivelmente passará o produto.

		Requisitos															Total	
		Produção											Montagem					
		Reduzir o número de componentes	Utilizar componentes padronizados	Utilizar materiais compatíveis com o processo de produção	Evitar geometrias complexas	Evitar processamentos secundários	Utilizar arquitetura modular	Utilizar processos de fabricação padronizados	Utilizar cadeia de suprimento confiável	Ser produzido por células existentes	Subsistemas robustos	Projeto de acordo com o volume de produção esperado	Simplificar montagem	Montagem não ambígua	Minimizar número de eixos de montagem			
Requisitos	Produção	Relação: 7- Muito mais importante; 5-mais importante; 3-um pouco mais importante; 1-igualmente importante .	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N		
		Reduzir o número de componentes	1		5	5	1/3	3	3	3	3	3	5	3	3	3		41,3
		Utilizar componentes padronizados	1	5	5	1/3	3	3	3	3	3	3	5	3	3	3		41,3
		Utilizar materiais compatíveis com o processo de produção	1/5	1/5	1	1	3	1/3	1/3	3	5	3	3	3	3	3		29,1
		Evitar geometrias complexas	1/5	1/5	1	1	3	1/3	1/3	3	5	3	3	3	3	3		29,1
		Evitar processamentos secundários	3	3	1/3	1/3	1	3	1	3	3	1/3	3	3	3	3		30,0
		Utilizar arquitetura modular	1/3	1/3	3	3	1/3	1	1	3	3	1/3	3	3	3	3		27,3
		Utilizar processos de fabricação padronizados	1/3	1/3	3	3	1	1	1	1/3	1	1/3	1	3	3	3		21,3
		Utilizar cadeia de suprimento confiável	3	3	1/3	1/3	1/3	1/3	3	1	1/3	1/3	1	3	3	3		22,0
		Ser produzido por células existentes	1/3	1/3	1/5	1/5	1/3	1/3	1	3	1	1/3	1	3	3	3		17,1
		Subsistemas robustos	1/3	1/3	1/3	1/3	3	3	1/3	3	3	1	3	3	3	3		26,7
		Projeto de acordo com o volume de produção esperado	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1	1	1/3	1	3	3	3		15,1
		Montagem	Simplificar montagem	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1		6,7
Montagem não ambígua	1/3		1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1	1		6,7		
Minimizar número de eixos de montagem	1/3		1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1	1		5,7		
Total	10,93		10,93	20,53	20,53	14,00	16,67	16,00	27,33	29,33	16,00	30,00	36,00	36,00	36,00			

Figura 3.9 – Exemplo de matriz de relação entre os requisitos dos clientes intermediários e internos.

O preenchimento da matriz da figura 3.9, diferentemente da matriz de relação dos requisitos do cliente final, conforme figura 3.7, poderá ser preenchida pela equipe de projeto, visto que, a mesma é composta por membros de diferentes áreas impactadas pelo produto, podendo estes determinar os critérios mais importantes.

A figura 3.10 apresenta a importância desses requisitos, efetuado de maneira idêntica à apresentada na figura 3.8. Essa informação será utilizada na composição da matriz que as



relacionará com requisitos do cliente final, determinando assim, os requisitos que atenderão os princípios do STP, ou seja, os requisitos *lean*, conforme definido no escopo deste trabalho.

Requisitos dos Clientes Priorizados		Pontos	Importância
P	Reduzir o número de componentes	41,3	0,13
P	Utilizar componentes padronizados	41,3	0,13
P	Evitar processamentos secundários	30,0	0,09
P	Utilizar materiais compatíveis com o processo de produção	29,1	0,09
P	Evitar geometrias complexas	29,1	0,09
P	Utilizar arquitetura modular	27,3	0,09
P	Subsistemas robustos	26,7	0,08
P	Utilizar cadeia de suprimento confiável	22,0	0,07
P	Utilizar processos de fabricação padronizados	21,3	0,07
P	Ser produzido por células existentes	17,1	0,05
P	Projeto de acordo com o volume de produção esperado	15,1	0,05
M	Simplificar montagem	6,7	0,02
M	Montagem não ambígua	6,7	0,02
M	Minimizar número de eixos de montagem	5,7	0,02
<b>Total</b>		<b>319,3</b>	

P= Produção
M= Montagem

Figura 3.10 – Exemplo de valor dos requisitos dos clientes intermediários e internos quantificados.

A figura 3.11 , demonstra um exemplo de como poderá ser feita esta relação entre os requisitos dos diferentes clientes, resultando nos requisitos *lean*, ou seja, os requisitos hierarquizados quanto ao menor grau de desperdício e ao maior grau de contribuição aos anseios do mercado . A matriz da figura 3.11 foi preenchida considerando-se a interferência entre os requisitos, colocando-se valor “-1” caso a relação entre os requisitos fosse negativa, “1” positiva e deixando-se em branco caso neutra. A relação entre os requisitos é considerada negativa quando o benefício de um prejudica o atendimento do outro. Será considerada positiva quando o benefício de um auxilia o atendimento do outro, e será considerada neutra quando não houver interferencia entre o atendimento dos requisistos. O cálculo do peso dos requisitos do cliente intermediário e interno foi realizado multiplicando-se suas importâncias pelo relação entre os requisitos e pela importância dos requisitos do cliente final, similiar a como ocorre na matriz da casa da qualidade (HAUSER e CLAUSING, 1988). A importância dos requisitos vem do cálculo de sua matriz de relação, conforme figura 3.9, para os clientes

internos e intermediários, e 3.7 para os clientes finais. A equipe de projeto deve ficar atenta aos pesos iguais a “0”, pois os mesmos poderão significar que as relações negativas anulam as positivas, ou que a relação entre os requisitos é neutra. Por isso, a figura 3.12, onde é apresentado os requisitos *lean* priorizados, não poderá ser utilizada sem análise conjunta com a figura 3.11, onde pode-se verificar os detalhes de cada relação.

Relação: 1 positiva; 0 neutra; -1 negativa		Importância	Requisito 1	Requisito 2	Requisito 3	Requisito 4	Requisito 5	Requisito 6	Requisito 7	Requisito 8	Peso
Importância			0,28	0,21	0,11	0,11	0,10	0,07	0,09	0,03	
Produção	Reduzir o número de componentes	0,13	1	1		1		-1	1	1	0,08
	Utilizar componentes padronizados	0,13		1		1	1	1	1		0,08
	Utilizar materiais compatíveis com o processo de produção	0,09	1			1		1		1	0,04
	Evitar geometrias complexas	0,09		1		1	-1		1	1	0,03
	Evitar processamentos secundários	0,09			1						0,02
	Utilizar arquitetura modular	0,09	1	1		1	1		1	1	0,07
	Utilizar componentes padronizados	0,07		1							0,01
	Utilizar cadeia de suprimento confiável	0,07									0,00
	Ser produzido por células existentes	0,05	1	1		1		1			0,04
	Subsistemas robustos	0,08	1	1					-1	1	0,04
Montagem	Projeto de acordo com o volume de produção esperado	0,05	1	1		1		1	1		0,04
	Simplificar montagem	0,02	1	1			1		1		0,01
	Montagem não ambígua	0,02	1		1		1		1	1	0,01
	Minimizar número de eixos de montagem	0,02	1		1		1	1	1	1	0,01

Requisitos impactando em requisitos importantes de clientes.  
**Realizar um PDCA**

Atender o requisito do cliente final, pois o requisito impactante possui baixa importância

Figura 3.11 – Exemplo de matriz de relação entre os requisitos dos clientes.

Requisitos <i>Lean</i>		Peso
P	Reduzir o número de componentes	0,08
P	Utilizar componentes padronizados	0,08
P	Utilizar arquitetura modular	0,07
P	Utilizar materiais compatíveis com o processo de produção	0,04
P	Subsistemas robustos	0,04
P	Ser produzido por células existentes	0,04
P	Projeto de acordo com o volume de produção esperado	0,04
P	Evitar geometrias complexas	0,03
P	Evitar processamentos secundários	0,02
M	Simplificar montagem	0,01
M	Montagem não ambígua	0,01
M	Minimizar número de eixos de montagem	0,01
P	Utilizar cadeia de suprimento confiável	0,00
P	Utilizar componentes padronizados	-0,01

P =Produção
-------------

M=Montagem
------------

Figura 3.12 –Exemplo de quadro com os requisitos *Lean* priorizados.

As figuras 3.11 e 3.12 auxiliam à tomada de decisão da equipe de projeto, uma vez que avaliam a relação entre os requisitos dos diferentes clientes. Caso um requisito do cliente interno e intermediário tenha impacto negativo em algum requisito do cliente final, a equipe de projeto deverá avaliar o grau de importância dos diferentes requisitos para poder definir quem será atendido. Como o foco do STP é o cliente final, seus requisitos sempre que possível deverão ser priorizados, exceto quando tiverem baixa importância. Podem ocorrer situações onde apareçam requisitos, de diferentes clientes, que possuam impacto negativo entre si e tenham importância alta, nestes casos cabe a equipe de projeto realizar um PDCA para poder solucionar o problema.

### 3.2.9 Etapa 9 - Definir as especificações meta

Esta etapa deve ser realizada pelos membros da equipe, com a supervisão do líder de projeto. As especificações do produto são informações que irão caracterizá-lo, expressas em linguagem técnica e mensurável. Esta etapa é realizada segundo originalmente descreveu Rozenfeld *et al*, (2006).

Determinada as especificações-meta, a equipe deve medir a relação destas com os requisitos do cliente final. Esta etapa pode ser realizada através da utilização da matriz, conforme figura 3.13, onde é avaliada a relação entre os requisitos do cliente final e as especificações-meta do produto. O preenchimento da matriz da figura 3.13 deve ser realizado através da avaliação das relações entre os requisitos e as especificações, atribuindo-se valor “5” às relações fortes, “3” às moderadas, “1” às fracas e deixando em branco caso não exista.

Relação: 5- forte; 3 moderada; 1- fraca.		Especificação 1	Especificação 2	Especificação 3	Especificação 4	Especificação 5	Especificação 6	Especificação 7	Especificação 8	Especificação 9	Especificação 10	Especificação 11	Especificação 12	Especificação 13
	Importância													
Requisito 1	0,28					5	3		3	5		5		
Requisito 2	0,21	5					5		3			3		
Requisito 3	0,11	5					5	1				3		
Requisito 4	0,11	1	5	5										3
Requisito 5	0,10			3	5		3	5						
Requisito 6	0,07				5									
Requisito 7	0,09				5		5			5		3		
Requisito 8	0,03	5		5			5				1,00		1	
Peso das especificações		1,87	0,56	1,02	1,31	1,38	3,32	0,62	1,45	1,81	0,03	2,59	0,03	0,33

Figura 3.13 – Exemplo de matriz de relação dos requisitos do cliente final com as especificações do projeto.

A avaliação da intensidade da relação entre as especificações do produto e os requisitos do cliente final é verificada através da interferência existente entre o atendimento da especificação do produto, sob avaliação, e sua contribuição no atendimento dos requisitos de cliente. Por exemplo, uma relação é dita forte quando a especificação do produto contribui de maneira intensa com o requisito do cliente, é dita moderada quando esta contribuição ocorre de maneira mediana, e fraca quando a contribuição ocorre de maneira pouco expressiva.

O preenchimento da matriz da figura 3.13 é realizado verificando-se as relações existentes entre cada especificação do produto e os requisitos de cliente, por exemplo, a especificação “1” é avaliada quanto a sua contribuição aos requisitos do cliente “1”, “2”, “3” ...”n”. O peso de cada especificação do produto é realizada somando-se a multiplicação da relação entre especificação do produto e requisito do cliente pela importância deste requisito. A importância dos requisitos do cliente final, apresentada na figura 3.13, vem da matriz de

relação entre os requisitos, conforme a figura 3.7. O resultado desta avaliação indicará as especificações meta, ou seja, as especificações que melhor contribuem para o desempenho do produto, sob a ótica do cliente, conforme pode ser visualizada na figura 3.14.

<b>Especificações Técnicas</b>	<b>Unidade</b>	<b>Peso</b>
Especificação 6		3,32
Especificação 11		2,59
Especificação 1		1,87
Especificação 9		1,81
Especificação 8		1,45
Especificação 5		1,38
Especificação 4		1,31
Especificação 3		1,02
Especificação 7		0,62
Especificação 2		0,56
Especificação 13		0,33
Especificação 10		0,03
Especificação 12		0,03

Figura 3.14 – Exemplo de especificações hierarquizadas.

Conhecido o peso das especificações do produto a equipe de projeto deverá avaliar a suas relações, conforme apresentado na figura 3.15, para que o entendimento sobre a intensidade e interferência entre as especificações possam ser visualizadas. Esta etapa é semelhante a que ocorre no telhado da matriz da casa da qualidade, conforme apresentado por Hauser e Clausing, (1988).O preenchimento da matriz é realizado avaliando-se a relação entre as especificações, atribuindo-se valor “1” quando a interferência é positiva, ou seja, o atendimento de uma especificação contribui para o atendimento da outra; valor “-1” quando a relação é negativa, ou seja, o atendimento de uma especificação prejudica a outra; e deixando-se em branco quando a relação entre as especificações é neutra. Em destaque, na figura 3.15, é apresentado um exemplo de interferência negativa entre duas especificações, na prática as restrições deverão estudadas para que se encontre soluções satisfatória a todos os envolvidos.

Contribui positivamente (1) Contribui negativamente (-1)	Especificação 1	Especificação 2	Especificação 3	Especificação 4	Especificação 5	Especificação 6	Especificação 7	Especificação 8	Especificação 9	Especificação 10	Especificação 11	Especificação 12	Especificação 13
Especificação 1											-1		1
Especificação 2			1						1				
Especificação 3				1					1		1		
Especificação 4													1
Especificação 5								-1		1			
Especificação 6													1
Especificação 7													1
Especificação 8											1		1
Especificação 9											1		
Especificação 10											-1		
Especificação 11													
Especificação 12													
Especificação 13													

Figura 3.15 – Exemplo de relação entre as especificações do projeto.

Uma vez determinada as interfaces entre as especificações do projeto, deve-se determinar os objetivos de cada especificação e as saídas indesejáveis, conforme apresentado na figura 3.16. Assim, estabelecem-se as especificações meta, considerando as interfaces e restrições existentes. Estas especificações serão utilizadas como critério de seleção entre as diferentes opções de soluções para o produto.

Especificações meta	Objetivos	Saídas indesejáveis
Densidade do estofamento	Estofamento confortável	Entofamneto duro
Inclinação do assento	Assento ergonomico	Inclinação não ergonomica
⋮	⋮	⋮
Inclinação do encosto	Encosto ajustável	Encosto não ajustável

Figura 3.16 – Exemplo de especificações meta do projeto de uma cadeira.

### 3.2.10 Etapa 10 - Modelagem funcional do produto

Esta etapa deve ser realizada pela equipe de projeto, conforme originalmente proposto por Rozenfeld *et al.* (2006), com o objetivo de descrever o produto em um nível abstrato para que soluções possam ser propostas sem considerações prévias. Nesta etapa o produto é descrito através de suas funções. A modelagem funcional permite que o produto seja representado por meio de suas funcionalidades e deve descrever o seu desempenho desejável.

As funções do produto deverão ser desdobradas em níveis, facilitando a visualização do desempenho esperado. A performance do produto não é função somente das partes que possuem interface com o usuário, mas também das partes internas. A figura 3.19 apresenta um modelo que pode ser utilizado para a realização da etapa, nele as funções são divididas em funções ditas globais, parciais elementares e comuns. A modelagem funcional é utilizada para que a equipe de projeto possa enxergar o produto através de suas funções, facilitando a execução da etapa de levantamento dos princípios de solução.

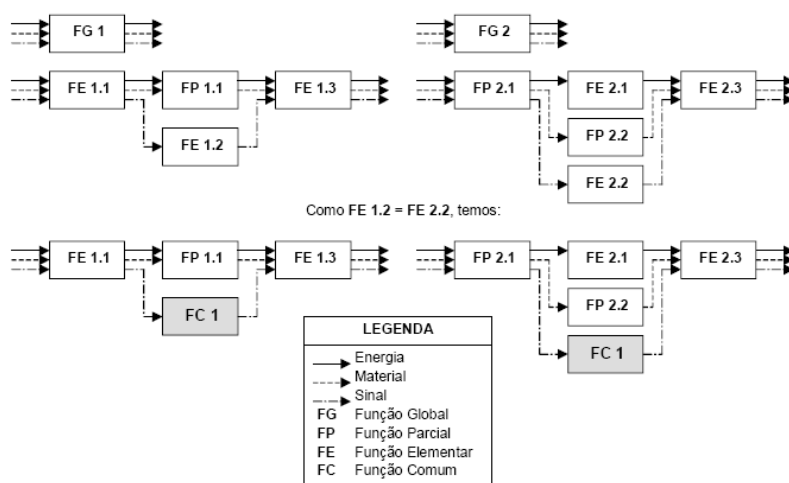


Figura 3.17 – Desdobramento das funções globais (Scalice *et al.* 2000).

Conforme apresentado na figura 3.17, o desmembramento das funções globais do produto em funções parciais e elementares, além de permitir à equipe a visualização dos princípios de solução necessários para que o produto desempenhe corretamente a função global, identifica as repetições, ou seja, as funções comuns, que poderão se tornar possíveis módulos padronizados, evitando a proliferação de partes. É importante que a equipe fique atenta às orientações da direção dos fluxos de sinal, energia e material, que deverão ser a mesmas para que a função seja dita comum.

### 3.2.11 Etapa 11 - Identificar núcleos funcionais

Listadas todas as funções do produto, a equipe de projeto deverá identificar as funções comuns, para que possam identificar os núcleos funcionais possíveis de ser modularizados. Scalice (2003) apresenta uma matriz para a identificação de núcleos funcionais, conforme mostrado na figura 3.17. Para o preenchimento desta matriz devem ser listadas no eixo das

coordenadas as funções globais do produto e no eixo das abscissas todas as funções comuns, ou seja, as funções que se repetem no desmembramento das funções globais. A utilização do caractere “x” indica que a função comum está presente na função global. Por exemplo, na figura 3.20 a função comum “FC1” aparece nas funções globais “FG1”, “FG6” e “FG10”. Para a formação de núcleos funcionais consideram-se as funções comuns compartilhadas por mais de uma função global. Conforme se verifica na figura 3.20 as funções comuns “FC1”, “FC2” e “FC3” aparecem nas funções globais “FG1”, “FG3”, “FG6” e “FG10”, sinalizando a possibilidade de modularização. A figura 3.18 apresenta como resultado a formação dos possíveis núcleos funcionais, estes serão utilizados na Etapa 12.

		Função comum							
		FC 1	FC 2	FC 3	FC 4	FC 5	FC 6	FC 7	FC 8
Função global	FG 1	x	x	x			x		
	FG 2								
	FG 3	x	x	x		x	x	x	x
	FG 4					x	x	x	
	FG 5					x	x	x	
	FG 6	x	x	x	x	x	x	x	x
	FG 7	x			x	x			
	FG 8								
	FG 9								
	FG 10	x	x	x		x	x	x	

Núcleo funcional 1  
 Núcleo funcional 2

Figura 3.18 – Exemplo de matriz de determinação dos núcleos funcionais. (Scalice, p. 142, 2003).

### 3.2.12 Etapa 12 - Avaliação do grau de modularidade do produto

O estudo da modularidade se inicia com a avaliação das funções do produto e dos núcleos funcionais identificados na Etapa 11, verificando-se a possibilidade de criar módulos sob a ótica dos princípios do STP. Esta etapa deverá ser realizada pela equipe de projeto, sob a supervisão do líder. É sugerida a utilização da Matriz Indicadora de Módulos (MIM), proposta por Erixon *et al.* (1996). Nesta matriz foram incluídos alguns critérios de avaliação para que a modularidade fosse analisada de acordo com os fundamentos do STP. A figura 3.19 ilustra a MIM adaptada. Esta matriz deve ser preenchida avaliando as funções de acordo com as diretrizes pré-estabelecidas. Formarão possíveis módulos as funções que obtiverem maior pontuação ou as funções que tiverem forte relação com alguma diretriz.

As funções comuns devem ser avaliadas segundo o desmembramento de cada diretriz, verificando se existe relação e qual é intensidade desta relação. Por exemplo, de acordo com a figura 3.19 a função comum FC1 possui forte relação com o “Lead time”, que é desmembrado da diretriz “desenvolvimento de produtos”, ou seja, a função FC1 corresponde fortemente a



descrição do “*Lead time*” conforme apresenta o quadro 1. O mesmo ocorre para a função comum FC2, embora sua relação seja moderada e com a função comum FC3. Desta forma, conclui-se que o núcleo funcional 1, anteriormente identificado na Etapa 11, pode se transformar em um módulo único, visto sua forte relação com a diretriz “desenvolvimento de produtos”.

O quadro 3.1 descreve como as funções devem ser avaliadas segundo as diretrizes. Cada função deverá ser questionada em relação às diretrizes, atribuindo-lhes relação forte, moderada ou fraca. Esta etapa possibilita avaliar a modularidade sob o ponto de vista dos princípios do STP. O resultado desta etapa é a determinação dos possíveis módulos dos produtos.

Diretrizes	Desmembramento da diretriz	Função comum		
		FC1	FC2	FC3
Desenvolvimento de produtos	Multiplicativo (“carry over”)	5	1	1
	Evolução tecnológica			
	Planejamento de alteração de projeto	3	1	
	Atende as necessidade dos clientes			
	Lead time	5	3	5
Variação	Especificação técnica			
	Estilo			
Fabricação	Unidade comum		5	
	Processo e organização	5		3
	Gargalos de capacidade			
Qualidade	Testes em separado			
	Desempenho do produto	1	3	
Fornecedores	Utilização da cadeia de fornecimento		3	
Aquisição	Compra de produtos prontos			
Após estar no mercado	Manutenção e manutenibilidade			3
	Atualização			
	Reciclagem			
Total		19	16	12

Relação forte (5)  
 Relação moderada (3)  
 Relação fraca (1)

Figura 3.19 – MIM Módulos adaptada ao STP. (Adaptado de Erixon *et al*, 1996).

Diretriz	Desmembramento da diretriz	Descrição
Desenvolvimento de produtos	Multi-aplicativo ("Carry-over")	Uma função pode ser um módulo separado onde a solução tecnológica atual poderá ser levada para uma nova geração ou família de máquinas.
	Evolução tecnológica	Uma função pode ser um módulo único se o mesmo possui uma tecnologia que irá ser superada no seu ciclo de vida.
	Planejamento de alteração de projeto	Uma função pode ser um módulo separado se esta possui características que serão alteradas segundo um plano.
	Atendimento das necessidades dos clientes	Uma função pode ser um módulo separado se este atender as necessidades dos clientes com relação ao desempenho desejado.
	Lead time	Uma função pode ser um módulo separado se este contribuir com a redução do tempo de lançamento do produto no mercado.
Variação	Especificação técnica	Poderão ser concentradas alterações para se conseguir variantes em um módulo.
	Estilo	Função pode ser um módulo separado se esta é influenciada por tendências e modas de tal maneira que as formas e/ou cores tenham de ser alteradas.
Fabricação	Unidade comum	Uma função poderá ser separada em um módulo se a mesma possuir a mesma solução física em todos os produtos variantes.
	Processo e organização	Razão para separar uma função num módulo: Ter uma tarefa específica num grupo; Encaixar-se no conhecimento tecnológico da empresa; Possuir uma montagem pedagógica; Ter um tempo de montagem que difere extremamente dos outros módulos.
	Gargalos de capacidade	Uma função poderá ser um módulo se este não ocasionar gargalos na fabricação, afetando negativamente a produtividade.
Qualidade	Teste em separado	Uma função poderá ser separada em um módulo quando esta função puder ser testada separadamente.
	Desempenho do produto	Uma função poderá ser separada em um módulo se este não afetar o desempenho global do produto na visão do cliente.
Fornecedores	Cadeia de suprimentos	Uma função pode ser separada em módulo se para a fabricação deste forem utilizadas a cadeia de fornecimento já empregada pela empresa.
Aquisição	Compra de produtos	Uma função que pode ser tratada como uma caixa preta por causa de redução dos custos logísticos
Após estar no mercado	Manutenção e manutenibilidade	Manutenções e reparos podem ser facilitados se uma função fica bem em um módulo separado.
	Atualização	Se for necessária pode ser facilitada se a função a ser atualizada for um módulo.
	Reciclagem	Pode ser uma vantagem para concentrar materiais poluentes ou recicláveis em um mesmo módulo ou em módulos separados.

Quadro 3.1 – Diretrizes de modularidade adaptada aos princípios do STP. (Adaptado de: Erixion *et al* 1996).

### 3.2.13 Etapa 13 - Levantar princípios de solução

Esta etapa consiste na busca por soluções para as funções levantadas na modelagem funcional e para os possíveis módulos dos produtos. A etapa deve iniciar com o levantamento dos princípios de solução já implementados pela empresa. É função da equipe de projeto resgatar tais informações seja por registros ou por entrevistas com responsáveis por antigos projetos. O objetivo da coleta de informações é o de aproveitar conhecimentos e experiências da empresa. Para tanto é importante que a organização possua um registro de antigos projetos, para que as informações não fiquem restritas ao conhecimento de alguns funcionários,

evitando a necessidade de entrevistas. Quando o conhecimento não é registrado, corre o risco de nunca ser aproveitado, erros podem ser recorrentes, melhorias podem não ser implementadas e existe dificuldade no repasse da informação.

Como as equipes de desenvolvimento não necessariamente são as mesmas, é necessário que haja comunicação entre elas. Isto pode ser feito através da documentação dos projetos realizado de forma padronizada e consistente, contendo soluções, erros e melhorias ocorridas dentro do projeto, conforme já apresentado no Capítulo 2.

É sugerido na figura 3.20 um fluxo a ser seguido para a captação de possíveis soluções para as funções do produto. Esta etapa não exige a equipe de levantar outras soluções. Ter opções de soluções é essencial para obter-se uma concepção ótima. Desta forma, a criatividade incentivada na busca por soluções permite à equipe criar sem limitações. Com frequência é no processo criativo que surgem princípios de solução aplicáveis ao produto, que alcançam níveis altos de qualidade, com custos aceitáveis e que otimizam o desempenho global do produto.

O fluxo da figura 3.20 é seqüenciado da seguinte forma, a lista das funções pode ser extraída através da modelagem funcional do produto conforme proposto na etapa 11. Para o levantamento dos princípios, não anteriormente aplicado pela empresa, são sugeridos alguns métodos de criatividade como: Métodos Intuitivos - *Brainstorming*, Método 635, *Lateral Thinking*, Sinergia, Galeria; Métodos Sistemáticos - Método Morfológico, Análise e Síntese Funcional, Analogia Sistemática, Análise do valor, Questionários e *Checklists*; e Métodos Orientados - TRIZ, SIT. A entrevista com a equipe de desenvolvimento deve ser realizada com o intuito de identificar dentre os produtos anteriormente projetados princípios de soluções que poderão ser utilizados no novo produto, através de funções similares entre eles. Uma vez levantado os princípios de solução que podem ser utilizados no novo produto, a equipe de projeto deve utilizá-los como ponto de partida para o novo produto, verificando se é possível aprimorá-los ou adaptá-los. Caso os princípios de solução de produtos anteriormente projetados possam ser utilizados no novo produto a empresa deve aproveitar o conhecimento gerado e defini-los como os princípios de solução para as funções do novo produto.

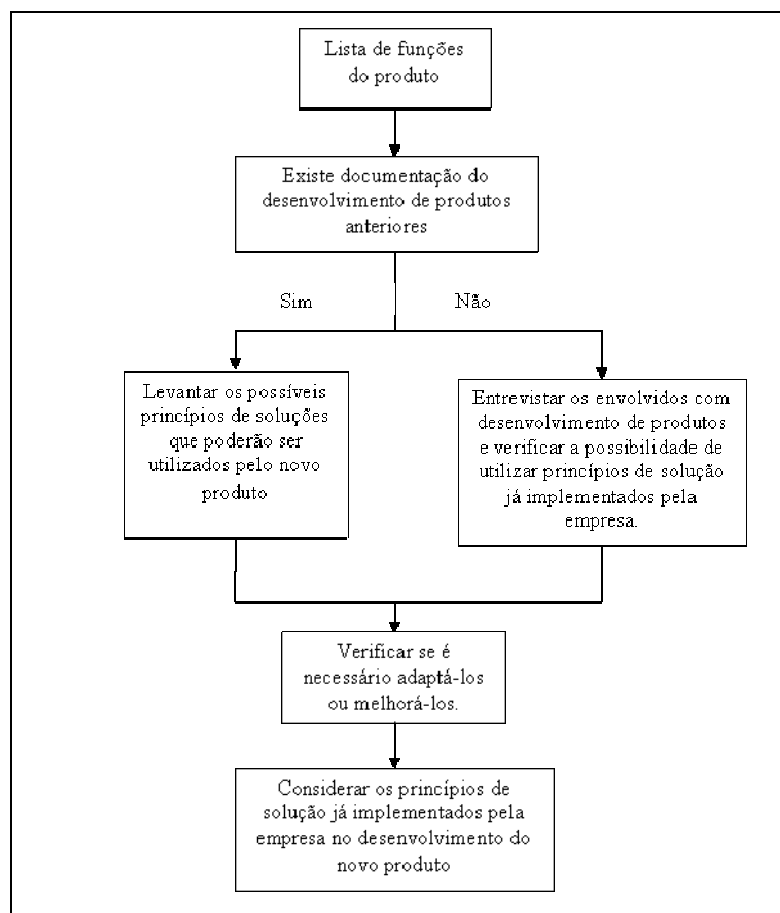


Figura 3.20 – Fluxo de coleta dos princípios de solução.

#### 3.2.14 Etapa 14 - Estudo das interfaces

Esta etapa consiste na avaliação da compatibilidade das soluções propostas às diferentes funções. A etapa deve ser realizada pela equipe de projeto com supervisão do líder. Cada módulo e cada princípio de solução determinado anteriormente deverá ser analisado de maneira detalhada, determinado formas, materiais, dimensões, capacidades, entre outros. Estes parâmetros devem contar apenas com especificações nominais, sem tolerâncias, para que haja maior adaptabilidade entre as soluções. A descrição detalhada das soluções possibilita à equipe avaliar a manufaturabilidade, o desempenho, os custos e a qualidade das soluções levantadas, evitando retrabalhos e desperdícios. Cada princípio de solução formará um subsistema que em união com os demais formarão a concepção do produto.

As interfaces devem ser satisfatórias a todos os envolvidos e deverão contribuir para o desempenho global do produto e não das partes. Nesta etapa a equipe de projeto, juntamente com o líder, deverá confrontar as relações entre os princípios de solução. A figura 3.21

apresenta um exemplo, utilizando o software PMS32 (*Problem Solving Matrix*), aplicado por Fang e Wan (2006), de como as interfaces podem ser confrontadas em si. Este software permite uma melhor visualização das incompatibilidades, pois ele centraliza na diagonal principal da matriz os princípios de solução que impactam negativamente entre si. Seu preenchimento deverá ser efetuado comparando as interfaces, determinando como elas se correlacionam. Atribui-se “0” aos princípios de solução incompatíveis.

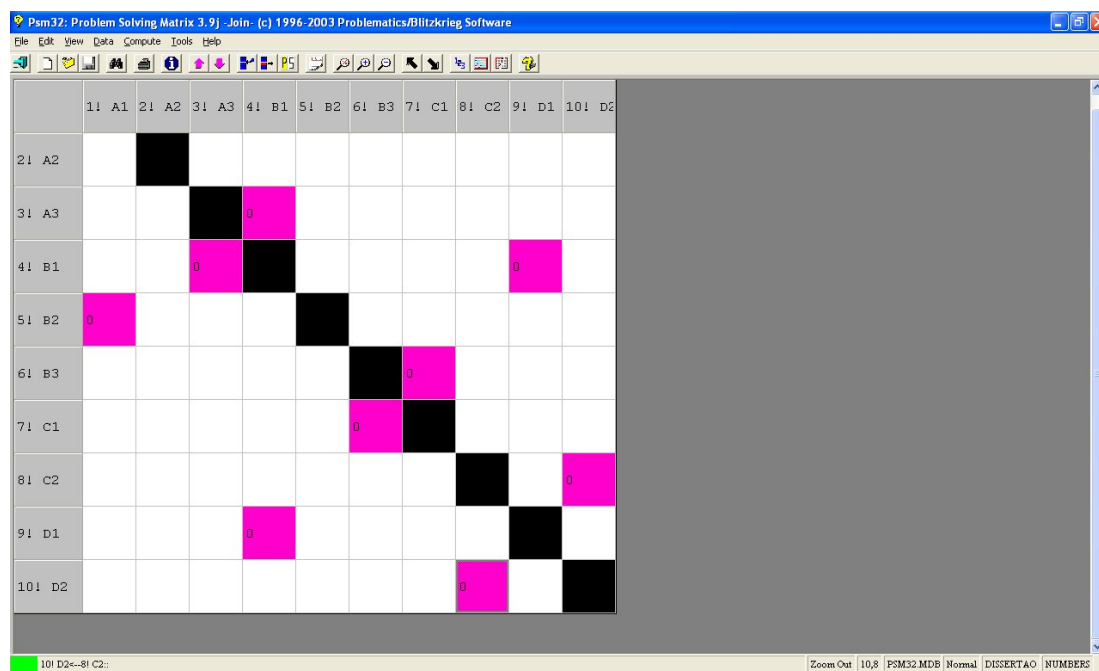


Figura 3.21 – Matriz PSM de relação entre as interfaces.

São colocados nas colunas os princípios de solução, letras iniciais iguais representam alternativas de solução para uma mesma função. O passo seguinte é gerar no software PSM a visualização da concentração das incompatibilidades dos princípios de solução, conforme verificado na figura 3.22.

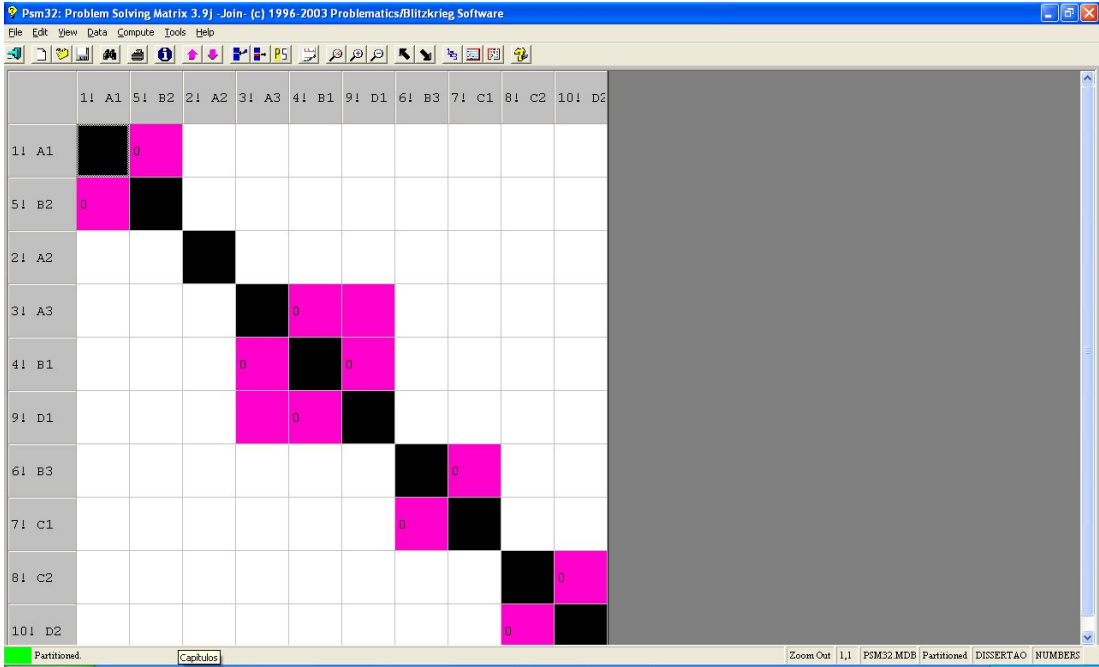


Figura 3.22 – Matriz PSM: Visualização dos blocos de incompatibilidade.

A equipe de projeto visualizando as incompatibilidades dos princípios de solução, de maneira concentrada, poderá optar pela eliminação de algumas soluções ou reformulação das mesmas para que haja integração entre as interfaces. A equipe deverá informar aos projetistas as causas das incompatibilidades, permitindo que ocorram reformulações nas soluções. A figura 3.23 apresenta um modelo de como comunicar a compatibilidade das alternativas. Os critérios que definem a compatibilidade deverão ser levantados pela equipe sob a supervisão do líder, pois este deverá apresentar conhecimento suficiente para definir as condições de contorno das partes projetadas.

3- Bom 1- Razoável 0- Incompatível		Critérios de compatibilidade				
		Comunicação via sensores eletrônicos	Partes deverão ser encaixadas	Funcionamento Bivolt	Funcionamento via bateria	Integração eletrônica entre as partes
Princípios de solução	A1	3	3	0	3	0
	A2	1	3	3	3	3
	A3	0	3	3	3	1
	B1	3	3	1	1	1
	B2	3	3	3	3	1
	B3	0	3	1	0	3
	C1	3	3	3	3	3
	C2	1	3	3	3	1
	D1	1	3	3	3	3
	D2	3	3	3	0	0

Figura 3.23 – Exemplo de Matriz de comunicação da compatibilidade das alternativas para um telefone sem fio.

A compatibilidade das interfaces determina as possíveis combinações que poderão formar a arquitetura do produto. As soluções consideradas aceitáveis são compatíveis com todas as partes do produto.

### 3.2.15 Etapa 15 - Selecionar concepção

Esta etapa consiste na seleção dos princípios de solução que formarão a concepção. Neste momento a equipe de projetos, sob a supervisão do líder, deverá avaliar cada princípio de solução sob sua capacidade em atender as necessidades dos clientes, de gerar menores níveis de desperdícios e de utilizar melhores cadeias de fornecimento.

Primeiramente os princípios de solução serão avaliados perante as especificações meta, ou seja, o desempenho desejado do produto. A figura 3.24 apresenta um modelo de relação entre os princípios de solução e as especificações. Cada princípio de solução deverá ser pontuado com relação a sua capacidade de atender as especificações, atribuindo-se valor “5” caso o atenda fortemente, “3” para atendimento razoável, “1” para atendimento deficiente e deixando-se a célula em branco caso não atenda. Os pesos das especificações são os calculados na etapa 9. O valor total de cada princípio de solução é realizado somando-se a multiplicação do valor da relação do princípio de solução com a especificação pelo peso da especificação. Por exemplo, o valor total do princípio de solução “A1” foi alcançado da seguinte forma: atribuiu-se “5” à relação entre o princípio de solução e a especificação “1”, esse valor foi multiplicado pelo peso da especificação “1,87” resultando no valor de “9,35”, o mesmo foi feito as demais relações, sempre as multiplicando ao peso da especificação correspondente. Dessa forma, a soma dos valores de cada multiplicação resultará, para o exemplo do princípio de solução “A1” em “56,05”.

Os princípios de solução que representam diferentes soluções para uma mesma função, ou grupo de funções devem ser agrupados. A figura 3.24 apresenta agrupadamente e representados pela mesma letra os princípios de solução alternativos para uma mesma função.

Como resultado a matriz apresenta quais princípios de solução melhor atendem as especificações meta, ou seja, aqueles que maior valor total atingir deverão ser levados a diante no processo seleção. A equipe de projeto poderá identificar uma razão para comparação de princípios de solução, para a mesma função, onde abaixo deste valor a alternativa será eliminada. Como exemplo atribuiu-se 70%, ou seja, ao comparar dois princípios de solução para uma mesma função a razão entre eles deve ser inferior a 70% para que a alternativa de menor valor seja eliminada.

Relação: 5- Atende muito; 3- Atende razoavelmente; 1- Atende pouco; 0 - Não atende.		Especificações meta													Pontuação Total
		Especificação 1	Especificação 2	Especificação 3	Especificação 4	Especificação 5	Especificação 6	Especificação 7	Especificação 8	Especificação 9	Especificação 10	Especificação 11	Especificação 12	Especificação 13	
Peso		1,87	0,56	1,02	1,31	1,38	3,32	0,62	1,45	1,81	0,03	2,59	0,03	0,33	
Princípios de solução	Princípio A1	5		5		1	5		1	5	5	5	1		56,05
	Princípio A2	3	3	5	1	1	5			5	5	5	3	3	54,91
	Princípio A3	1		5		5			5				1	1	21,5
	Princípio B1	5	5	3	3	5	3	1	1		5	5		4	52,5
	Princípio B2	1	3	5	5		5			1	1	1			36,21
	Princípio B3		3		5		5				5		3		25,05
	Princípio C1	3		3		5	5	5		5		5			57,26
	Princípio C2	1	5		3	3		5	5		5		1		23,28
	Princípio D1		5	5				5		5			3	1	20,48
	Princípio D2		3	3	3	5	3	5	5	5	3	5	1	5	59,68

Figura 3.24 – Seleção dos princípios de solução segundo o atendimento das especificações meta.

O preenchimento da matriz da figura 3.24 permite que a equipe de projeto avalie dentre os princípios de solução alternativos para uma mesma função, aqueles que melhor atendem o cliente final. Segundo o exemplo da figura 3.24, os princípios de solução A3, B3, C2 e D1, foram eliminados, pois não atendem as especificações meta de maneira satisfatória e classificaram-se os princípios de solução A1, A2, B1, B2, C1 e D2.

Determinado os princípios de solução que melhor atendem as necessidades dos clientes deve-se selecionar quais geram menores índices de desperdícios. A figura 3.25 apresenta um modelo de como a equipe de projetos poderá avaliar o desempenho dos princípios de solução, que melhor atendem as especificações meta, sob enfoque dos requisitos *lean*. O preenchimento desta matriz é realizado de maneira idêntica à apresentada na figura 3.26. A avaliação nesta fase se faz pelos requisitos *lean* e seus pesos determinados na Etapa 8.

O preenchimento da figura 3.25 apresenta como resultado o valor total dos princípios de solução avaliados sob a ótica dos requisitos *Lean*. Serão considerados aprovados os princípios de solução que geram menores índices de desperdícios, ou seja, aqueles que apresentarem maior valor total. Os princípios de solução com maior valor total deverão ser avaliados quanto aos fornecedores, os de valor total baixo deverão ser eliminados. Caso os



valores totais dos princípios de solução fiquem próximos, ambos deverão seguir para a próxima etapa, como exemplo se utilizou a razão de 70%, conforme realizado nos critérios de seleção da matriz da figura 3.24. Como a razão entre os princípios de solução, para uma mesma função, ficou acima de 70%, todos seguirão para a próxima avaliação, conforme apresenta a figura 3.26.

		Requisitos Lean														Pontuação Total
		P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	M	M	M		
<b>Relação:</b> <b>5- Atende muito;</b> <b>3- Atende razoavelmente;</b> <b>1- Atende pouco;</b> <b>0 - Não atende.</b>		Reduzir o número de componentes														
		Utilizar componentes padronizados														
		Utilizar materiais compatíveis com o processo de produção														
		Evitar geometrias complexas														
		Evitar processamentos secundários														
		Utilizar arquitetura modular														
		Utilizar processos de fabricação padronizados														
		Utilizar cadeia de suprimento confiável														
		Ser produzido por células existentes														
		Princípios robustos														
		Projeto de acordo com o volume de produção esperado														
		Simplificar montagem														
		Montagem não ambígua														
		Minimizar número de eixos de montagem														
Peso		0,13	0,13	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,07	0,07	0,05	0,05	0,02	0,02	0,02	
Princípios de solução	Princípio A1	5	3	3	1	5	3	3	3			1	1		5	2,735
	Princípio A2	5	3	5		5			3	5	3		5	5	5	2,959
	Princípio B1		5	5		5	5	3	5	3		5	3		5	3,183
	Princípio B2	5	3	3	5	3	1	5	5			5	5		5	3,323

P= Produção

M= Montagem

Figura 3.25 - Seleção dos princípios de solução segundo o atendimento dos requisitos *lean*.

Realizado o preenchimento da matriz da figura 3.25, a equipe deverá realizar um estudo do desempenho dos possíveis fornecedores para cada princípio de solução, excluindo os que pouco contribuem para os requisitos *lean*. As figuras 3.26 e 3.27 e 3.28 apresentam um exemplo de como este estudo pode ser feito. Os critérios de avaliação dos fornecedores que aparecem nas figuras 3.26 e 3.27 e 3.28 foram baseados nos requisitos de fornecimento

enxuto, conforme apresentado por Arkader (1997). O cálculo dos pesos de cada critério deverá ser realizado pela equipe de projeto, de forma a determinar a importância destes. A figura 3.26 apresenta um exemplo de como se pode determinar a importância dos critérios de avaliação dos fornecedores. Seu preenchimento deve ser realizado relacionando os critérios entre si, verificando sua relação de importância com os demais. O peso de cada critério é calculado de maneira idêntica ao exemplo da figura 3.8.

<b>Relação:</b> <b>7- Muito mais importante;</b> <b>5-mais importante;</b> <b>3-um pouco mais importante;</b> <b>1-igualmente importante .</b>	Cumprimento de prazo	Tempo de parceria	Qualidade dos produtos entregues	Troca de informações	Processo produtivo confiável	Capacidade produtiva	Total
Cumprimento de prazo	1	1	3	1	1	1	8,00
Tempo de parceria	1/3	1	1/5	1	1/3	1/3	3,20
Qualidade dos produtos entregues	1	5	1	1	1	1	10,00
Troca de informações	1	1	1	1	1	5	10,00
Processo produtivo confiável	1	3	1	1	1	3	10,00
Capacidade produtiva	1	3	1	1/5	1/3	1	6,53

Figura 3.26 - Exemplo de matriz de relação dos critérios de avaliação dos fornecedores.

<b>Critério de avaliação dos fornecedores</b>	<b>Pontos</b>	<b>Importância</b>
Cumprimento de prazo	8,00	0,17
Tempo de parceria	3,20	0,07
Qualidade dos produtos entregues	10,00	0,21
Troca de informações	10,00	0,21
Processo produtivo confiável	10,00	0,21
Capacidade produtiva	6,53	0,14
<b>Total</b>	<b>47,73</b>	

Figura 3.27 – Exemplo de priorização dos critérios de avaliação dos fornecedores.

O preenchimento da matriz da figura 3.28 é realizado a partir da definição dos fornecedores dos princípios de solução selecionados. Os fornecedores são avaliados segundo seu desempenho nos critérios pré-estabelecidos, sendo atribuído valores que seguem a escala de 0 a 3 determinados como ruim, razoável, bom, excelente sucessivamente. Sendo o total de pontos do fornecedor calculado pela soma dos desempenhos em cada critério multiplicado

pela importância deste. O total de pontos determina o desempenho de cada fornecedor, sendo melhor quanto maior for o valor total.

Avaliação: 0- Ruim 1- Razoável 2- Bom 3- Excelente		Fornecedor A	Fornecedor B	Fornecedor C	Fornecedor D
Crítérios	Importância				
Cumprimento de prazo	0,17	0	1	3	3
Tempo de parceria	0,07	3	1	3	3
Qualidade dos produtos entregues	0,21	1	2	1	1
Troca de informações	0,21	2	3	2	2
Processo produtivo confiável	0,21	2	3	2	2
Capacidade produtiva	0,14	1	3	1	2
<b>Total</b>		<b>1,39</b>	<b>2,32</b>	<b>1,89</b>	<b>2,03</b>

Figura 3.28 – Exemplo de avaliação de fornecedores.

Classificados os fornecedores, através de sua pontuação total, cada princípio de solução será avaliado segundo sua cadeia de fornecimento, sendo priorizados os que melhor fornecedores apresentarem. A figura 3.29 apresenta um exemplo de como a equipe de projeto pode relacionar os princípios de solução com a cadeia de fornecimento.

		Fornecedores				
		Fornecedor A	Fornecedor B	Fornecedor C	Fornecedor D	Total
<b>Classificação</b>		1,39	2,32	1,89	2,03	
<b>Princípios de solução</b>	Princípio A1		x		x	4,35
	Princípio A2	x	x			3,71
	Princípio B1			x		6,25
	Princípio B2	x				1,39

Figura 3.29 - Seleção da concepção segundo a cadeia de fornecimento.

No exemplo da figura 3.29 os princípios de solução escolhidos seriam os A1, B1, já que a soma das classificações dos fornecedores por eles utilizados é superior aos dos princípios de solução A2 e B2. Dessa forma, a concepção do produto será formada pelos

princípios de solução A1, B1, C1 e D2, sendo esta selecionada gradativamente segundo as matrizes apresentadas nesta etapa.

### 3.2.16 Etapa 16 – Avaliar resultado quanto aos desperdícios

Esta etapa deve ser realizada após a seleção da concepção. A empresa deve fabricar um protótipo do produto, verificando se os impactos por ele gerados foram os previstos, ou se há situações que precisam ser revisadas e conseqüentemente reprojetadas. A partir do protótipo construído, a equipe é solicitada a identificar as possíveis fontes de desperdícios, utilizando um *check list* baseado nos requisitos dos clientes finais, intermediário e interno, anteriormente definidos nas Etapas 6 e 7, conforme proposto na figura 3.30.

A avaliação da concepção segundo os requisitos dos clientes internos e intermediários pode ser feita pela própria equipe do projeto, já a avaliação segundo os requisitos dos clientes finais podem ser observados através da utilização de *focus group*, onde um protótipo pode ser apresentado ao grupo com o objetivo de identificar pontos positivos e negativos da concepção selecionada.

	Importância	Resultado	
		Desejável	Indesejável
Requisito 6	1,0	x	
Requisito 5	0,8	x	
Requisito 7	0,5	x	
Requisito 3	0,2	x	
Requisito 1	0,4		x
Requisito 4	0,4	x	
Requisito 8	0,2	x	
Requisito 2	0,0	x	

	Importância	Resultado	
		Desejável	Indesejável
Reduzir o número de componentes	0,77	x	
Utilizar componentes padronizados	0,44	x	
Utilizar materiais compatíveis com o processo de produção	1,73	x	
Evitar geometrias complexas	1,26	x	
Evitar processamentos secundários	0,25	x	
Utilizar arquitetura modular	2,03		x
Utilizar processos de fabricação padronizados	0,00	x	
Utilizar cadeia de suprimento confiável	0,00	x	
Ser produzido por células existentes	0,57	x	
Subsistemas robustos	0,10	x	
Projeto de acordo com o volume de produção esperado	0,00	x	
Simplificar montagem	0,08	x	
Montagem não ambígua	0,33	x	
Minimizar número de eixos de montagem	3,06	x	

Figura 3.30 - Exemplo de *check list* para avaliação dos resultados quanto aos desperdícios.

### 3.2.17 Etapa 17 - Definir requisitos problemáticos

Esta etapa é realizada com o objetivo de identificar os requisitos de clientes que são negativamente impactados pelo produto. Assim, a equipe de projeto poderá decidir de que forma proceder para melhor atender os clientes, levando em consideração a importância do requisito impactado. Esta etapa serve para visualizar como o produto impacta nos processos da empresa, auxiliando na identificação de situações não previstas pelo projeto.

No exemplo da figura 3.30, o produto apresentou resultados negativos no requisito “1” do cliente final e no requisito “utilizar arquitetura modular” do cliente intermediário e interno. O conhecimento dessa informação possibilita a tomada de decisão, pois pode-se decidir em reformular o produto, retornando à etapa 13, onde novos princípios de solução deverão ser levantados para que se tenham novas alternativas e conseqüentemente concepções, ou aceitar os níveis de desperdícios gerados pelo produto devido ao baixo grau de importância desses em relação aos demais.

## 3.3 Considerações do Capítulo

O modelo apresentado foi estruturado com o objetivo de direcionar a solução à concepção ótima, ou seja, com menores níveis de desperdícios e sintonizada com as necessidades do mercado. Este poderá ser aplicado em empresas que desenvolvam novos produtos, ou que necessitem reprojeter seus produtos, e que apresentem um modelo de desenvolvimento, onde seja possível identificar as etapas do projeto para que exista a possibilidade de adaptá-las, ao enfoque enxuto. O tamanho da empresa não é fator condicionante para a aplicação da proposta, assim como a estrutura de desenvolvimento utilizada, desde que sistemática.

## **CAPÍTULO 4 - APLICAÇÃO DO MODELO**

### **4.1 Apresentação da Empresa Pesquisada**

A empresa pesquisada pertence ao ramo da saúde, atuando na produção de endopróteses destinadas à solução de aneurismas arteriais. Esta tem como objetivo fornecer a solução para a reabilitação de pacientes com aneurisma arterial, mediante uma cirurgia minimamente invasiva. O cliente direto da empresa é o médico. O paciente, embora usuário do produto, não decide a compra, ficando esta por responsabilidade do médico. O desenvolvimento e fabricação das endopróteses são realizados pela empresa, sendo que as solicitações dos clientes diretos disparam necessidades de fabricação. O processo produtivo da empresa é basicamente artesanal, sendo que a manufatura segue as especificações técnicas pré-estabelecidas. As endopróteses podem sofrer customizações devido a solicitações do cliente, por isso adaptações são realizadas frequentemente. A liberação dos produtos é realizada sob o aval do Responsável Técnico, visto que a empresa é regulamentada e os produtos possuem registro na Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

A empresa se mostra apropriada à aplicação do modelo, visto sua necessidade de reprojeter um produto já implementado, sendo este um projeto do tipo incremental, visto que a solução parte de um produto pré-concebido que necessita de melhorias para melhor atender os anseios do mercado. A necessidade de atender o cliente e reduzir os desperdícios qualifica a empresa a aplicação do modelo.

A seguir é apresentada a aplicação do modelo proposto com a descrição de cada etapa.

### **4.2 Descrição da Aplicação do Modelo**

Os princípios do STP e a importância de se considerá-los durante o desenvolvimento de produtos foram apresentados à empresa, através da apresentação do modelo desenvolvido. A aplicação do modelo se deu através do reprojeto de um produto comercializado pela empresa, pois sua atual concepção deixava de atender diferentes casos por questões da anatomia dos pacientes. Portanto, foi verificada a necessidade de gerar, rapidamente, uma solução que permitisse a prótese, originalmente fabricada, aumentar sua fixação durante e após a cirurgia, visto a constante demanda do mercado e a possibilidade de expansão nas vendas, devido a uma maior indicação do produto a diferentes anatomias.

Assim, a através da aplicação do modelo se propôs uma nova solução, tendo como ponto de partida a documentação do projeto original. Dessa forma, foi formada uma equipe para a realização dos encontros, onde os dados foram levantados e os resultados apresentados. A cada encontro foram realizadas simulações, considerando os dados do projeto em análise.

#### 4.2.1 Etapa 1 – Definir equipe e líder de projeto

Para a realização desta etapa a empresa utilizou a mesma equipe que desenvolveu o projeto original, e o mesmo líder. Vale salientar que devido ao porte da empresa, existem dificuldades na diversificação da seleção dos membros das equipes, já que na maioria das vezes estes se repetem. Assim, não foi utilizada a sugestão descrita na Etapa1 do modelo.

#### 4.2.2 Etapa 2 - Revisar e atualizar o escopo do produto

O escopo do produto foi redefinido através da necessidade de se melhorar a fixação da prótese no local desejado e evitar a migração da mesma. Para tanto, foi preciso criar uma solução que atendesse esta necessidade no menor espaço de tempo possível, visto que uma nova solução era constantemente solicitada pelo mercado e a atual concepção não se aplicava a diferentes casos, limitando a atuação da empresa. Assim, foram estudadas as tecnologias e soluções pregadas pelos concorrentes, verificando as vantagens e desvantagens de cada solução. Pesquisaram-se as normas a serem atendidas pelo produto, visto este ser regulamentado e as patentes existentes. Com base nessas informações a equipe deu início ao reprojeito do produto, buscando atender a necessidade do mercado.

Vale salientar que a empresa não tinha documentação das informações referentes ao escopo do produto no relatório do projeto, sendo que foi durante a aplicação do modelo que se soube destas informações. Este aspecto mostra a concentração da informação nas pessoas e não em registros. O repasse da informação não foi formalizado, podendo o mesmo ter ocorrido de forma diferente aos participantes, em diferentes momentos, causando retrabalhos e etapas duplicadas.

A avaliação desta etapa apontou para a necessidade dos registros, pois no projeto original, o escopo foi realizado e não existiu documentação. Dessa forma, grandes foram as chances de o projeto ter divergido ao longo do seu desenvolvimento gerando desperdícios ao projeto.

### 4.2.3 Etapa 3 – Determinação da carga de trabalho da equipe

Durante a aplicação do modelo, houve dedicação plena de grande parte da equipe voltada à reavaliação da concepção do produto estudado. As figuras 4.1 e 4.2 apresentam o estudo da carga de trabalho, visando não atrasar o cronograma do projeto. Este estudo foi realizado pela equipe de desenvolvimento previamente definida.

Número de participantes da equipe	4			
Tempo do projeto em dias	40			
Total de horas utilizando 80% da capacidade	256			
Identificação	Membro 1	Membro 2	Membro 3	Membro 4
Tempo de dedicação ao projeto (horas/dia)	8	2	8	4
Tempo disponível de cada participante (80% da capacidade)	6,4	3,2	6,4	3,2

Figura 4.1 - Matriz de dimensionamento da capacidade da equipe.

Vale salientar que no momento da aplicação do modelo não existiam outros projetos paralelos, ficando fácil para a equipe dedicar-se exclusivamente a este. A particularidade do momento em que foi desenvolvido o produto original mascarou a necessidade de um planejamento dos recursos necessários versus os recursos disponíveis. Segundo a descrição de Liker (2005), apresentada no Capítulo 2, dos diferentes tipos de desperdícios do STP, a total disponibilidade dos recursos pode ter sido uma provável fonte de desperdício, seja pela subutilização ou pela superutilização dos mesmos.

Etapas do desenvolvimento de produtos	Dias	Tempo (horas)	Membro 1		Membro 2		Membro 3		Membro 4	
			Horas dedicadas	Horas/dia	Horas dedicadas	Horas/dia	Horas dedicadas	Horas/dia	Horas dedicadas	Horas/dia
Seleção da equipe	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Determinar carga de trabalho da equipe	1	4	4	4	3	4	4	4	4	4
Avaliar resultado quanto aos desperdícios	5	20					10	2	10	2
Revisar e atualizar escopo do produto	1	3	3	3	3	3				
Detalhar ciclo de vida do produto e definir seus clientes	1	3	3	3	3	3	3	3		
Levantar as necessidades dos clientes finais	4	8	8	2	8	2				
Hierarquizar e identificar os requisitos dos clientes finais	2	6	6	3	6	3				
Levantar as necessidades dos clientes intermediários e internos	2	6			6	3	6	3	6	3
Determinar o requisitos Lean	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Definir as especificações meta	2	6	6	3	6	2	6	2	6	3
Modelagem funcional do produto	4	8					8	2		
Levantar os princípios de solução	4	8	8	2	8	2	8	2		
Identificar os núcleos funcionais do produto	1	4	4	4					4	4
Avaliação do grau de modularidade do produto	2	6			6	3			6	3
Estudo das interfaces	5	20	20	4	15	3	20	4	20	4
Selecionar concepção	4	4	4	2	4	2				
Avaliar resultado quanto aos desperdícios	5	20					10	2	10	2

Figura 4.2 – Estudo da carga de trabalho.



#### 4.2.4 Etapa 4 - Detalhar ciclo de vida do produto e definir seus clientes

A empresa não realizou um estudo formal do ciclo de vida do seu produto no momento da realização do projeto original, sendo que esta etapa foi agora realizada com a aplicação do modelo. A equipe determinou que o ciclo de vida do produto difere da linha tradicional de desenvolvimento, por este ser fruto de uma solicitação explícita do mercado e apresentar forte demanda. Assim, já na fase de lançamento do produto ocorre ampla aceitação deste, acompanhado de um volume de venda significativo. Por se tratar de um projeto de curto prazo com custos de desenvolvimento reduzidos, ainda nesta fase os lucros obtidos com as vendas serão suficientes para pagar os custos de desenvolvimento. As fases de maturidade e declínio seguem o fluxo normal sendo que o surgimento de novas tecnologias poderá naturalmente substituir a atual solução.

A figura 4.3 demonstra o ciclo de vida do produto em questão. Nota-se na figura que o período de desenvolvimento é curto, assim como a fase de lançamento, que é seguida por um crescimento rápido. A fase de maturidade é longa, pois a substituição da solução depende do desenvolvimento de novas tecnologias compatíveis ao corpo humano.

Conhecido o ciclo de vida do produto, determinou-se a cadeia de clientes que passam pelas suas diversas fases da vida, conforme pode ser observado na figura 4.4. Novamente esta etapa foi realizada apenas com a aplicação do modelo, através de reuniões realizadas com os participantes da equipe de projetos.

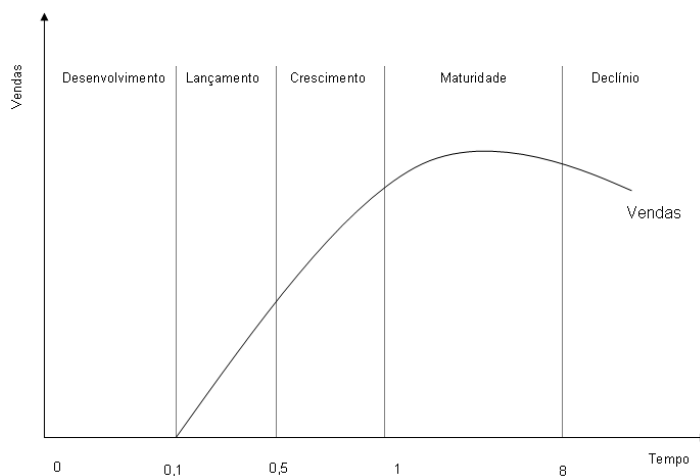


Figura 4.3 - Ciclo de vida do produto.

Conhecido o ciclo de vida do produto, determinou-se a cadeia de clientes que passam pelas suas diversas fases da vida, conforme pode ser observado na figura 4.4. Novamente esta

etapa foi realizada apenas com a aplicação do modelo, através de reuniões realizadas com os participantes da equipe de projetos.

Observa-se na figura 4.4 que a cadeia de clientes se inicia com o fornecedor de matéria prima. A empresa processa, a matéria prima e a envia à linha de montagem onde esta será integrada aos demais componentes para formar o produto final. Uma vez terminado, este é enviado ao médico que o implantará no paciente. Cabe salientar que usuário final não possui poder de decisão no processo de compra do produto, pois é o médico quem determina os requisitos do produto, baseado na necessidade do paciente. Assim, o cliente direto do produto é o médico, ou seja, quem decide a compra.

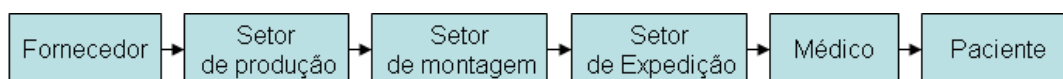


Figura 4.4 – Cadeia de clientes do produto em análise.

Na realização desta etapa percebeu-se que tanto o ciclo de vida quanto a cadeia de clientes eram bem conhecidas pelos integrantes da equipe, embora não estivessem relatados em nenhum registro. O histórico do desenvolvimento, como estava representado, exigia que a pessoa que o consultasse recorresse frequentemente aos desenvolvedores, devido às lacunas de informação deixadas, exigindo um tempo de aprendizado maior do que ocorreria caso houvesse registros.

#### 4.2.5 Etapa 5 - Levantar as necessidades do cliente final

A execução desta etapa foi realizada tendo como bases as informações levantadas durante o desenvolvimento da atual concepção do produto. Para a aplicação do modelo revisaram-se as necessidades dos clientes, levantadas durante o desenvolvimento da concepção original, ajustando-as ao momento atual.

As necessidades dos clientes foram facilmente revisadas as devido ao bom relacionamento com os médicos, cliente direto do produto. A realização desta etapa ocorreu através de reuniões com um grupo de cinco médicos, onde estes apresentaram as seguintes necessidades:

- Segurança após liberação da prótese;
- Segurança durante o processo de implante;
- Fixação da prótese;
- Manter prótese fixa;

- Melhora da qualidade de vida do paciente;
- Procedimento pouco traumático;
- Não prejudique a recuperação do paciente;
- Resistência do componente ao longo do uso.

#### 4.2.6 Etapa 6 - Identificar e hierarquizar os requisitos do cliente final

Conhecidas as necessidades, a empresa as transformou em requisitos, avaliando as redundâncias e procurando representar os reais desejos do mercado. Dessa forma, os requisitos de clientes foram:

- Fixar prótese: este se traduz pela necessidade de fixar a prótese durante a cirurgia. Esse requisito engloba as necessidades de fixação da prótese e de segurança após a liberação;
- Evitar migração da prótese: pode-se defini-lo como uma garantia que a prótese não se deslocará após sua fixação pela pulsação da artéria. Esse requisito engloba as necessidades: manter prótese fixa, segurança após liberação da prótese e resistência do componente de fixação ao longo do uso;
- Permitir um implante seguro: define a segurança necessária à realização do implante, visto que a concepção deve solucionar o problema considerando a saúde do paciente. As necessidades consideradas nesse requisito são: segurança após a liberação da prótese e segurança durante o processo de implante;
- Não rasgar artéria: define a importância de não lesionar a artéria durante e após o implante. Esse requisito considera a necessidade de segurança durante e pós o processo de implante;
- Ser de simples utilização: define a necessidade de criar uma solução que seja simples e que não dificulte o procedimento médico. Esse requisito considera as necessidades: procedimento pouco traumático e segurança durante o processo de implante;
- Não interferir negativamente na recuperação normal do paciente: define a necessidade de se ter baixo impacto na recuperação do paciente, se possível melhorando o processo pós-operatório. Esse requisito engloba as necessidades: melhora da qualidade de vida do paciente, procedimento pouco traumático e que não prejudique a recuperação do paciente.

Para a análise dos requisitos, como forma de determinar o grau de importância, a equipe contou com a participação de um médico. Solicitou-se à equipe e ao médico que preenchessem a figura 4.5, baseando as respostas em suas experiências, conhecimento técnico e mercadológico. Desta forma, a equipe, juntamente com o médico, determinou os requisitos dos clientes finais por ordem de importância. Conforme apresentado na figura 4.6, os requisitos dos clientes finais foram priorizados.

Relação: 7- Muito mais importante; 5-mais importante; 3-um pouco mais importante; 1-igualmente importante .		Fixar prótese	Evitar migração da prótese	Permitir um implante seguro	Não rasgar artéria	Ser de simples utilização	Não interferir negativamente na recuperação normal do paciente	Total
		A	B	C	D	E	F	
Fixar prótese	A	1	1	1/5	1/5	5	3	10,4
Evitar migração da prótese	B	1	1	1/5	1/5	5	3	10,4
Permitir um implante seguro	C	5	5	1	1	7	5	24,0
Não rasgar a artéria	D	5	5	1	1	5	5	22,0
Ser de simples utilização	E	1/5	1/5	1/7	1/5	1	1/3	2,1
Não interferir negativamente na recuperação normal do paciente	F	1/3	1/3	1/5	1/5	3	1	5,1

Figura 4.5 – Matriz de relação dos requisitos de clientes finais.

Requisitos do cliente priorizados		Pontos	Importância
A	Fixar prótese	10,4	0,14
B	Evitar migração da prótese	10,4	0,14
D	Não rasgar a artéria	22,0	0,30
C	Permitir um implante seguro	24,0	0,32
F	Não interferir negativamente na recuperação normal do paciente	5,1	0,07
E	Ser de simples utilização	2,1	0,03
Total		73,9	

Figura 4.6 –Priorização dos requisitos de clientes.

#### 4.2.7 Etapa 7 - Levantar as necessidades dos clientes intermediários e internos

O produto apresenta como cliente intermediário e interno a própria empresa, que por ser regulamentada apresenta diversas exigências com relação a sua produção. Para tanto, a empresa dispõe de um manual onde estão traduzidas todas as exigências da norma que a

regulamenta, visto que, todos os produtos devem atender uma série de exigências para que a empresa possa comercializá-los.

No momento da concepção atual do produto, a equipe de desenvolvimento, avaliou os requisitos dos clientes de maneira informal e baseado em sua experiência, respeitando a normas e adequando na medida do possível o produto as exigências da manufatura. Desta forma, para a aplicação do modelo solicitou-se à empresa que listassem as necessidades dos clientes internos e intermediários, para que fosse possível mensurá-las. Assim, as necessidades da empresa foram divididas em duas partes, as que respondem pela manufatura em si e as que descrevem as exigências de norma que regulamenta produtos da área médica.

As necessidades desses clientes foram levantadas pela equipe de projeto. As que consideram a produção são:

- Empregar material já utilizado nas próteses;
- Fixação deve possuir capacidade elástica;
- Arquitetura modular;
- Baixo tempo de produção;
- Padronizar componentes;
- Desenvolver solução baseada em tecnologia conhecida;
- Projetar internamente;
- Fabricar internamente;
- Baixo custo;
- Solução rápida;
- Montagem simples;
- Montagem não ambígua.

As que consideram a norma são:

- Ser de material bio-compatível;
- Fornecedor com certificado do produto;

Por se tratar de uma pequena empresa e a equipe de projeto possuir conhecimento das necessidades das áreas impactadas pelo produto, as necessidades foram colocadas diretamente sob a forma de requisitos de produtos. Ficou claro que a empresa teve maior facilidade em tratar as necessidades internas quando comparado com o tratamento necessidades externas, fator compreensível, já que esta é de pequeno porte, com processos bem conhecidos pela área

de pesquisa e desenvolvimento. Por fim apresentou-se à equipe a principal diferença entre as necessidades da produção e de atendimento da norma, já que a norma deve ser obrigatoriamente atendida e a produção sempre que possível.

Quando não existe essa separação, a empresa corre o risco de não conseguir resolver impasses entre requisitos, gerando produtos mais complexos de serem produzidos. Ter clara a origem dos requisitos facilita sua priorização, já que se consegue diferenciar os que são desejáveis dos que são obrigatórios, não colocando como limitações do processo a obrigatoriedade do atendimento da norma. Embora esta impacte na fabricação do produto, identificar que algumas limitações são oriundas da norma e não do processo auxilia a empresa a não estender a restrição para outras etapas da produção. Como é o caso, por exemplo, dos fornecedores, que obrigatoriamente devem apresentar certificação de conformidade do produto. Se aplicada ao processo, esta exigência pode limitar possibilidades de como produzir o produto, por isso a empresa deve ter muito claro os limites das normas, para não estendê-las além do necessário.

#### 4.2.8 Etapa 8 - Determinar os requisitos Lean

Para a realização desta etapa pediu-se para a equipe determinasse o grau de importância apenas dos requisitos do cliente interno. A figura 4.7 apresenta a relação entre os requisitos. A equipe não teve dificuldade em qualificar os requisitos da produção, pois estes eram claramente conhecidos. Vale salientar que as necessidades dos clientes internos e intermediários foram descritas diretamente sob a forma de requisitos

Para o preenchimento da figura 4.7, pediu-se à equipe de projeto que avaliasse a importância de cada requisito com relação aos demais. Por exemplo, a equipe de projeto determinou que o requisito “empregar material já utilizado nas próteses” possui relação de 1/3 com o requisito “arquitetura modular”, isto quer dizer que a “arquitetura modular” é um pouco mais importante que o requisito “empregar material já utilizado nas próteses”. Esta análise foi realizada com todos os outros requisitos da coluna, sendo que a soma de pontos da linha do requisito determina sua pontuação total. A figura 4.8 apresenta o grau de importância desses requisitos.

Relação: 7- Muito mais importante; 5-mais importante; 3-um pouco mais importante; 1-igualmente importante .		Empregar material já utilizado nas próteses												Total	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L		
P	Empregar material já utilizado nas próteses	A	1	1/3	0	3	1	1	1/5	1/5	1	1/3	1	1/5	9,27
M	Arquitetura modular	B	3	1	1	3	3	1	1/3	7	3	1	1	1	25,33
M	Montagem não ambígua	C	1	1	1	3	1/3	1	1/5	7	1	1/3	1	1/3	17,20
M	Montagem simples	D	1/3	1/3	1/3	1	1/5	1/3	1/5	7	1/3	1/3	1	1/3	11,73
P	Desenvolver solução baseada em tecnologia conhecida	E	1	1/3	3	5	1	1	1/5	1	1	1/5	1	1/3	15,07
P	Reduzir número de componentes	F	1	1	1	3	1	1	7	1	1	1/3	1	1	19,33
P	Projetar internamente	G	5	3	5	5	5	1	1	5	7	1	1	1	40,00
P	Fabricar internamente	H	5	1/7	1/7	1/7	1	1/7	1/5	1	1	1	1	1	11,77
P	Baixo custo	I	1	1/3	1	3	1	1	1/7	1	1	1/5	1	3	13,68
P	Baixo tempo de produção	J	3	1	3	3	5	3	1	1	5	1	1	1	28,00
P	Padronizar componentes	K	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11,00
P	Solução rápida	L	5	1	3	3	3	1	1	1	1/3	1	1	1	20,33

Figura 4.7 – Matriz de relação entre os requisitos dos clientes internos.

	Requisitos	Pontos	Importância
P	Projetar internamente	40,00	0,18
M	Baixo tempo de produção	28,00	0,13
P	Arquitetura modular	25,33	0,11
P	Solução rápida	20,33	0,09
P	Reduzir número de componentes	19,33	0,09
P	Montagem não ambígua	17,20	0,08
P	Desenvolver solução baseada em tecnologia conhecida	15,07	0,07
P	Baixo custo	13,68	0,06
P	Fabricar internamente	11,77	0,05
M	Montagem simples	11,73	0,05
P	Padronizar componentes	11,00	0,05
M	Empregar material já utilizado nas próteses	9,27	0,04

Figura 4.8 - Requisitos dos clientes internos quantificados.

Após a determinação do grau de importância dos requisitos do cliente interno mostrou-se a importância de verificar seus impactos nos requisitos dos clientes finais e da Norma, para a determinação dos requisitos *lean* da empresa. Ou seja, requisitos que atendem as necessidades internas, a Normas e priorizam o cliente final. Anteriormente a empresa não visualizava as interferências entre os requisitos, não podendo determinar quantitativamente os

que contribuíam para se obter menores níveis de desperdícios e para atender as necessidades dos clientes.

A figura 4.9 demonstra a relação entre os requisitos dos clientes, almejando encontrar os requisitos *lean*. Nota-se que na figura 4.9 os requisitos da Norma foram colocados juntamente com os do cliente final, com máxima importância, pois eles determinam a condição de comercialização do produto. Portanto qualquer requisito de cliente que tiver relação negativa com a Norma deverá ser reavaliado pela equipe. A figura 4.10 apresenta os requisitos *lean* priorizados.

Relação: 1- positiva; 0- neutra; -1- negativa		Importância	Ser de material bio-compatível	Fornecedor com certificado do produto	Fixar prótese	Evitar migração da prótese	Não rasgar a artéria	Permitir um implante seguro	Não interferir negativamente na recuperação normal do paciente	Ser de simples utilização	Peso
Importância		1,00	1,00	0,14	0,14	0,30	0,32	0,07	0,03		
P	Projetar internamente	0,18	0	0	0	0	0	0	0	1	0,01
P	Baixo tempo de produção	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
M	Arquitetura modular	0,11	0	0	1	1	0	0	0	1	0,03
P	Solução rápida	0,09	0	0	0	-1	0	0	0	-1	-0,02
P	Reduzir número de componentes	0,09	0	0	-1	-1	1	1	1	1	0,04
M	Montagem não ambígua	0,08	0	0	0	0	0	1	0	0	0,03
P	Desenvolver solução baseada em tecnologia conhecida	0,07	1	1	0	0	0	0	0	0	0,14
P	Baixo custo	0,06	-1	-1	0	0	0	0	0	0	-0,12
P	Fabricar internamente	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
M	Montagem simples	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
P	Padronizar componentes	0,05	0	0	0	0	0	1	0	1	0,02
P	Empregar material já utilizado nas próteses	0,04	1	1	0	0	0	1	1	0	0,10

○ Conflito entre os requisitos

Figura 4.9- Matriz de relação entre os requisitos dos clientes.



	<b>Requisitos priorizados</b>	<b>Peso</b>
P	Desenvolver solução baseada em tecnologia conhecida	0,14
P	Empregar material já utilizado nas próteses	0,10
P	Reduzir número de componentes	0,04
M	Arquitetura modular	0,03
M	Montagem não ambígua	0,03
P	Padronizar componentes	0,02
P	Projetar internamente	0,01
P	Baixo tempo de produção	0,00
P	Fabricar internamente	0,00
M	Montagem simples	0,00
P	Solução rápida	-0,02
P	Baixo custo	-0,12

Figura 4.10–Requisitos *Lean* priorizados.

A figura 4.9 sinaliza a existência de conflitos entre requisitos internos referentes a rapidez da solução. Atender o requisito interno neste caso, influenciaria negativamente no resultado do produto, portanto foi necessário que a equipe de desenvolvimento reavaliasse o tempo para solucionar o problema. Embora fosse necessário que a rápida implementação da solução, tanto do ponto de vista interno quanto do mercado, o atraso de poucas semanas foi considerado pela equipe de impacto negativo inferior ao da entrega de um produto que não atenda a necessidade dos clientes. Quanto aos custos, a empresa optou por arcar com o seu possível acréscimo, já que este requisito impacta na Norma. O requisito referente a redução do número de componentes servirá como guia para a solução, onde a equipe buscará atendê-lo ao máximo sem interferir na qualidade final da concepção.

#### 4.2.9 Etapa 9 - Definir as especificações meta

O produto no qual foi aplicado o modelo possui algumas particularidades que afetam a realização desta etapa, pois como podem ser observados na figura 4.11, os requisitos do projeto, levantados a partir dos requisitos dos clientes finais, não são mensuráveis. Este fator ocorre por se tratar de um produto de alta tecnologia, onde os parâmetros mensuráveis são dependentes da anatomia do usuário final, sendo as especificações qualitativas validadas via testes em artérias artificiais, onde se consegue simular alguns tipos de anatomia.

Um exemplo da forte relação do resultado e a anatomia do paciente pode ser verificada no requisito “fixação da prótese na artéria”. Para atender este requisito, toda concepção do produto é realizada considerando-se alguns tipos de anatomia, alcançando-se resultados satisfatórios, já que a prótese resiste na posição após seu implante, mas como cada paciente

possui particularidades quanto a anatomia da artéria, este fator pode prejudicar o desempenho esperado, ou até mesmo impedir sua utilização do produto. As variações na anatomia humana não invalidam a solução, mas a deixa em uma faixa de resposta inferior a programada.

Portanto, pode-se admitir que a mensuração dos parâmetros é subjetiva, pois não existem no mercado, dispositivos que os mensurem. Muitas vezes não se soluciona definitivamente o problema, apenas reduz-se a incidência do problema que gerou a necessidade. Dessa forma, o padrão para as especificações meta é o que se tinha e escolhe-se a solução que melhores índices de ganho apresentar.

Para formalizar a etapa, durante a aplicação do modelo, pediu-se aos membros da equipe que descrevessem as especificações de projeto baseadas nos requisitos dos clientes finais. A figura 4.11 apresenta a relação entre esses requisitos. Na figura 4.12 é apresentada a priorização dessas especificações, ou seja, as especificações meta, baseadas nos resultados da matriz de relação apresentada na figura 4.11. norteia a tomada de decisão, definindo suas especificações meta.

Relação: 5- forte; 3 moderada; 1- fraca.		Ter componente para fixação	Distribuição uniforme dos componentes	Posicionamento do componente na endoprótese	Penetração do dispositivo na artéria	Resistência elástica do componente	Resistência a fadiga	Fácil montagem	Fácil interface com o usuário (médico)	Segurança para o usuário (paciente)	Custo de fabricação	Quantidade de componentes para garantir a fixação (menor)

Importância												
Fixar prótese	0,14	5	3	5	5		5			5		5
Evitar migração da prótese	0,14	5	3	5	5	5	5		3	5		3
Permitir um implante seguro	0,30	3	5	3	5					5	3	3
Não rasgar a artéria	0,32	5			5	5	1			5		5
Ser de simples utilização	0,07				5	1		1	5			
Não interferir negativamente na recuperação normal do paciente	0,03	3			5					5		5
Peso das especificações		4,01	2,33	2,30	5,00	2,39	1,73	0,07	0,76	4,66	0,89	3,78

Figura 4.11 – Matriz de relação entre os requisitos dos clientes finais e as especificações de projeto.

Especificação	Peso
Penetração do dispositivo na artéria	5,00
Segurança para o usuário (paciente)	4,66
Ter componente para fixação	4,01
Quantidade de componentes para garantir a fixação (menor)	3,78
Resistência elástica do componente	2,39
Distribuição uniforme dos componentes	2,33
Posicionamento do componente na endoprótese	2,30
Resistência a fadiga	1,73
Custo de fabricação	0,89
Fácil interface com o usuário (médico)	0,76
Fácil montagem	0,07

Figura 4.12 – Especificações meta.

Uma vez conhecido o peso de cada requisito de projeto, solicitou-se da empresa a avaliação da relação dos requisitos entre si, para que fosse possível observar conflitos. A figura 4.13 representa a matriz de relação entre as especificações meta.

	Ter componente para fixação	Distribuição uniforme dos componentes	Posicionamento do componente na endoprótese	Penetração do dispositivo na artéria	Resistência elástica do componente	Quantidade de componentes para garantir a fixação (menor)	Resistência a fadiga	Fácil montagem	Fácil interface com o usuário (médico)	Segurança para o usuário (paciente)	Custo de fabricação
Contribui positivamente (3)											
Neutro (0)											
Contribui negativamente (-3)											
Ter componente para fixação				3							
Distribuição uniforme dos componentes				3	3	3	3	3	3		
Posicionamento do componente na endoprótese				3	3	3			3		
Penetração do dispositivo na artéria						-3	3				
Resistência elástica do componente										3	
Quantidade de componentes para garantir a fixação (menor)								3			3
Resistência a fadiga										3	-3
Fácil montagem											3
Fácil interface com o usuário (médico)										3	
Segurança para o usuário (paciente)											-3
Custo de fabricação											

Figura 4.13 - Matriz de relação entre as especificações meta

Como se pode observar existem conflitos entre as especificações, sinalizadas na figura 4.13, sendo que a empresa precisou definir como resolvê-las. A especificação “penetração do

dispositivo na artéria” interfere negativamente na especificação “quantidade de componentes para garantir fixação (menor)”. Portanto, a solução empregada pela empresa foi a de empregar um número de componentes de fixação que permitisse fixar a prótese sem interferir na segurança do usuário. Para atender a especificações “resistência a fadiga” e “segurança para o usuário (paciente)”, que interferem diretamente na segurança do produto, a empresa optou por aumentar o custo inicial previsto para o projeto, em prol de reduzir as incertezas de projeto e garantir um resultado satisfatório.

#### 4.2.10 Etapa 10 - Modelagem funcional do produto

Conhecendo-se as especificações meta, pediu-se à equipe que realizasse a modelagem funcional do produto. Esta etapa serviu como forma de visualizar as funções que o produto deveria atender para que estivesse em sintonia com as necessidades dos clientes. Os integrantes da equipe descreveram a modelagem funcional de maneira simplificada, definindo apenas as funções globais do produto. Dessa forma, foi apresentado o desdobramento das funções do produto, ampliando a visão sobre o mesmo, conforme é apresentado na figura 4.14. Nesta etapa a equipe de projeto pode enxergar com clareza todas as funções que o produto deveria suprir. Para facilitar o entendimento e identificação das funções globais, parciais e comuns foi montado um quadro conforme observado na figura 4.15.

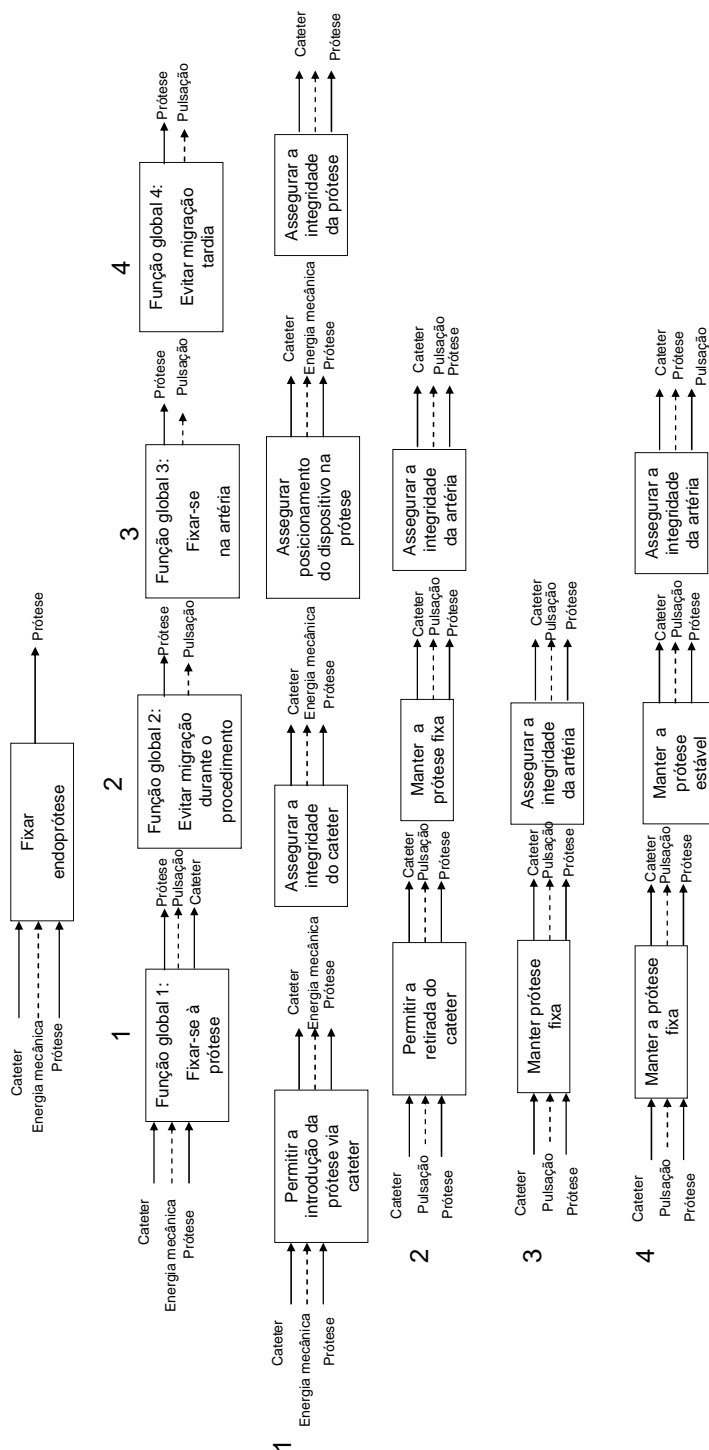


Figura 4.14 – Análise funcional do produto.

Função Global	Função parcial	Função comum
Fixar-se à prótese	Permitir a introdução via cateter	
	Assegurar a integridade do cateter	
	Assegurar posicionamento do dispositivo na prótese	
	Assegurar a integridade da prótese	
Evitar migração durante o procedimento	Permitir a retirada do cateter	
	Manter a prótese fixa	FC1
	Assegurar a integridade da artéria	FC2
Fixar-se na artéria	Manter prótese fixa	FC1
	Assegurar a integridade da artéria	
Evitar migração tardia	Manter prótese fixa	FC1
	Manter a prótese estável	
	Assegurar a integridade da artéria	FC2

FC1 - Função Comum 1

FC2 - Função comum 2

Figura 4.15 – Lista das funções do produto.

## 4.2.11 Etapa 11 - Identificar núcleos funcionais

Para a realização desta etapa foram consideradas as funções comuns, levantadas durante a modelagem funcional, que o produto deveria suprir. Essas funções são factíveis de avaliação, pois existe forte possibilidade de transformá-las em um módulo. Portanto foi preenchida a matriz de determinação dos núcleos funcionais conforme apresentada na figura 4.16.

		Função comum	
		Manter a prótese fixa	Assegurar a integridade da artéria
Função global	Fixar-se a prótese		
	Evitar migração durante o procedimento	x	x
	Fixar-se a artéria	x	x
	Evitar migração tardia	x	x

☐ Núcleo funcional

Figura 4.16 - Matriz de determinação do núcleo funcional.

Segundo a figura 4.16 as funções “manter prótese fixa”, “assegurar a integridade da artéria”, formam um núcleo funcional com possibilidade de ser um único módulo, devendo esta possibilidade ser verificada na etapa 12, visto que a aparecem em diferentes funções globais.

#### 4.2.12 Etapa 12 - Avaliação do grau de modularidade do produto

Esta etapa não foi realizada pela equipe durante o projeto original, apenas durante a aplicação do modelo.

Nesta etapa questionou-se aos integrantes da equipe se o produto a ser criado deveria ser integrado as endopróteses existentes, ou se partiriam para uma solução que modificaria suas concepções. A equipe demonstrou tendência à soluções integradas as endopróteses existentes, mas que a possibilidade de se modificar a suas concepções era considerada.

Assim, para avaliação da modularidade foi preenchida a matriz MIM para verificar os possíveis módulos do produto, segundo apresenta a figura 4.17.

		Relação forte (5) Relação moderada (3) Relação fraca (1)	Permitir a introdução da prótese via cateter	Assegurar a integridade do cateter	Assegurar posicionamento do dispositivo	Assegurar a integridade da prótese	Permitir a retirada do cateter	Manter a prótese fixa	Assegurar a integridade da artéria	Manter a prótese estável
Diretrizes	Desenvolvimento de produtos	Multiplicativo ("carry over")	5	5	5	5	5	5	5	5
		Evolução tecnológica			5			5	5	5
		Planejamento de alteração de projeto			5			5	5	5
		Atende as necessidade dos clientes	5	5	5	5	5	5	5	5
		Lead time	3	3	5					
	Variação	Especificação técnica								
		Estilo								
	Fabricação	Unidade comum	5	5	5	5	5	5	5	5
		Processo e organização			5					
		Gargalos de capacidade	3	3	5			3		
	Qualidade	Testes em separado	5	5	5	5				
		Desempenho do produto	5	5	5	5		5	5	5
	Fornecedores	Utilização da cadeia de fornecimento	5					5		5
	Aquisição	Compra de produtos prontos								
	Após estar no mercado	Manutenção e manutenabilidade								
		Atualização	5		5	5		5	5	5
		Reciclagem								
Total			41	36	60	35	15	43	35	40

■ Núcleo Funcional

Figura 4.17 – Matriz MIM para núcleo funcional.

Conforme pode ser observado o resultado do preenchimento da matriz MIM, existe uma tendência de se agrupar as funções em dois módulos, incluindo o núcleo funcional levantado na etapa 11. A avaliação da matriz MIM para o produto em questão mostrou a possibilidade de direcionar a solução a módulos, podendo estas ser agregadas aos diferentes modelos de endopróteses da empresa.

#### 4.2.13 Etapa 13 - Levantar princípios de solução

Para a geração da solução do produto original, a escolha pela concepção do produto ocorreu com base na experiência dos integrantes da equipe, através da tentativa e erro. A equipe relatou que as soluções obtidas na época foram todas testadas e escolheu-se a que melhor resultado apresentou, levando-se em consideração o tempo e o dinheiro disponível para a realização do projeto. Para melhor entender como este trabalho ocorreu durante o desenvolvimento do produto original, foi realizada uma entrevista com os membros da equipe para visualizar a lógica de trabalho da empresa. A entrevista pode ser visualizada no ANEXO A.

Durante a entrevista o diretor técnico da empresa ressaltou que a experiência com projetos anteriores foi fundamental para solucionar o problema, embora sem registros formais. Este relatou que foram realizados *Brainstorming* e pesquisas com empresas desenvolvedoras de produtos similares, mas a solução final foi obtida com base em experiências anteriores. Reafirmou ainda que, possivelmente tenham ocorrido atrasos em projetos da empresa devido a ausência de registros e a falta de informações na fase de projeto informacional, pois algumas necessidades só foram percebidas após o produto original estar no mercado.

Assim, durante a aplicação do modelo, solicitou-se que a equipe levantasse as possíveis soluções para os módulos do produto, determinados na Etapa 12. Foi realizado um *Brainstorm* com os integrantes da equipe, onde foram levantados princípios de solução. Também foi realizado um *Benchmarking* onde se verificou como a concorrência solucionava o problema em questão.

Para o módulo 1, compostos pelas funções “permitir a retirada do cateter”, “manter a prótese fixa”, “assegurar a integridade da artéria” e “manter a prótese estável”, foram proposto os seguintes princípios de solução:

- Aumentar a rugosidade do material utilizado na fabricação do *stent* (estrutura que suporta a endoprótese): esta solução auxiliaria na fixação da prótese na artéria, contribuiria com sua estabilidade, permitiria a retirada do cateter, mas o grau de



rugosidade é uma variável que dificultaria sua aplicação, devido ao alto controle exigido;

- Aumentar a superfície de contato com a artéria (via grampos): essa solução atenderia todas as funções do módulo 1;
- Ganchos: essa solução atenderia todas as funções do módulo 1;
- Farpas: solução atenderia todas as funções do módulo 1;
- *Stent* livre duplo: esta solução atenderia todas as funções do módulo 1;
- Costurar endoprótese na artéria: a solução atenderia todas as funções, mas envolveria riscos indesejáveis a saúde do paciente.

Para o módulo 2, compostos pelas funções “permitir a introdução da prótese via cateter”, “assegurar a integridade do cateter”, “assegurar o posicionamento do dispositivo” e “assegurar a integridade da prótese”, foram propostos os seguintes princípios de solução:

- Colar o dispositivo na posição desejada: esta solução atenderia todas as funções contidas no módulo 2;
- Soldar o dispositivo na posição desejada: o material que é fabricado o *stent* não pode ser soldado;
- Fixar dispositivo via molas na posição desejada: esta solução atenderia todas as funções do módulo 2;
- Grimpar dispositivo na posição desejada: esta solução atenderia todas as funções do módulo 2;
- Conformar o dispositivo no próprio *stent*: esta solução atenderia todas as funções do módulo 2.

Assim, foi realizada uma triagem dos princípios de solução dentro de cada módulo, permanecendo apenas os que atenderiam de maneira satisfatória todas as funções, conforme pode ser verificado na figura 4.18 e 4.19. Nestas figuras são apresentadas as legendas que serão utilizadas na etapa 14 da aplicação, onde será realizado um estudo das interfaces.

<b>Módulo 1</b>	<b>Legenda</b>
Aumentar a superfície de contato com a artéria.	M 1_A
Ganchos	M 1_B
Farpas	M 1_C
Stent livre duplo	M 1_D

Figura 4.18 – Seleção dos princípios de solução para o Módulo 1.

Modulo 2	Legenda
Colar o dispositivo na posição desejada	M 2_A
Fixar dispositivo via molas na posição desejada	M 2_B
Grimpar dispositivo na posição desejada	M 2_C
Conformar o dispositivo no próprio stent	M 2_D

Figura 4.19 – Seleção dos princípios de solução para o Módulo 2.

#### 4.2.14 Etapa 14 - Estudo das interfaces

Nesta etapa verificou-se a interface entre as soluções proposta, visando selecionar os princípios de solução que pudessem ser utilizados em conjunto, ampliando as possibilidades de concepção.

Para este estudo foi utilizado um software denominado PSM32 (*Problem Solving Matrix*), onde as soluções foram confrontadas, como pode ser observado na figura 4.20. Os pontos sinalizados com o caractere “0” são as incompatibilidades.

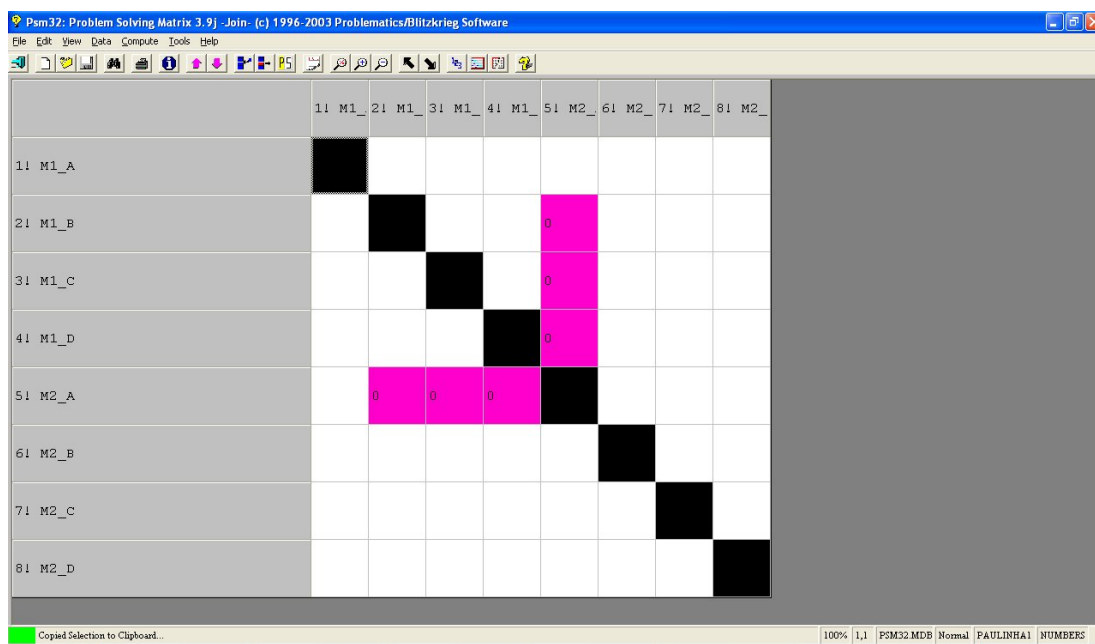


Figura 4.20 - Matriz de interfaces entre os princípios de solução dos módulos.

Como pode ser observado na figura 4.20 e 4.21 o princípio de solução “colar dispositivo no local desejado”, descrito como M2\_A, não é compatível com a maior parte dos princípios de solução para o Módulo 1, optando-se por eliminá-lo. Assim, a matriz 4.22

apresenta as possíveis soluções compatíveis entre si, que poderão formar diferentes concepções para o novo produto.

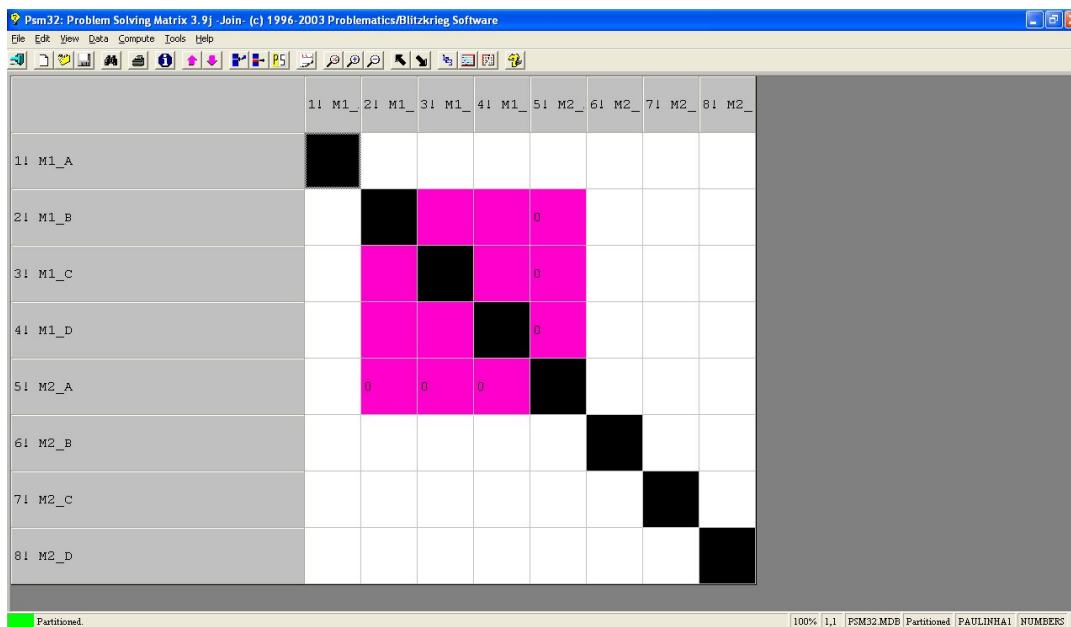


Figura 4.21 – Matriz de interfaces diagonalizada.

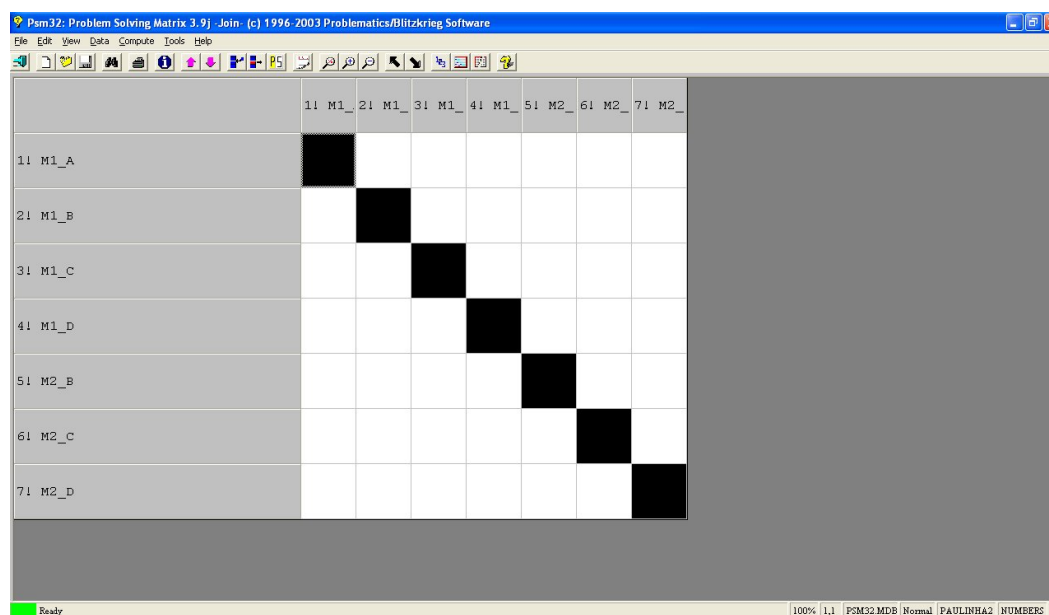


Figura 4.22 – Matriz de interfaces com princípios de solução compatíveis.

Neste caso, não foi necessária a utilização da matriz de comunicação da compatibilidade das alternativas, pois todos os membros da equipe optaram pela eliminação da alternativa de colagem do dispositivo, argumentando a dificuldade de implementar a solução.

#### 4.2.15 Etapa 15 - Selecionar concepção

Nesta etapa os princípios de solução para os módulos foram avaliados visando destacar os que melhor atendem às especificações meta. Esta etapa ocorreu apenas com a aplicação do modelo, pois durante o desenvolvimento original o que determinou a escolha pela concepção antiga foi o método de tentativa e erro. Sendo as concepções analisadas através da construção das diferentes idéias, optando pela que melhor se encaixava nas necessidades do mercado.

Para a aplicação do modelo foi solicitado da equipe de desenvolvimento, o preenchimento da matriz da figura 4.23, para que a relação entre os princípios de solução e as especificações meta fosse avaliada. Os pesos das especificações meta são resultantes da etapa 9.

		Especificações meta											
		Ter componente para fixação	Distribuição uniforme dos componentes	Posicionamento dos componente na endoprótese	Penetração do dispositivo na artéria	Resistência elástica do componente	Resistência a fadiga	Fácil montagem	Fácil interface com o usuário (médico)	Segurança para o usuário (paciente)	Custo de fabricação	Quantidade para garantir fixação	Pontuação Total
<b>Relação:</b> 5- Atende muito; 3- Atende razoavelmente; 1- Atende pouco; 0 - Não atende.													
<b>Peso</b>		4,01	2,33	2,30	5,00	2,39	1,73	0,07	0,76	4,66	0,89	3,78	
<b>Princípios de solução</b>	Aumentar a superfície de contato com a artéria	5	5	3	1	0	5	5	5	3	5	1	83,56
	Ganchos	5	3	5	3	0	5	3	5	3	5	3	100,92
	Farpas	5	3	5	3	5	3	3	5	3	5	5	116,97
	Stent livre duplo	5	5	5	1	0	5	3	5	5	5	5	112,46
	Fixar dispositivo via molas na posição desejada	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	144,27
	Grimpar dispositivo na posição desejada	5	5	5	5	0	5	5	5	5	5	1	117,48
	Conformar dispositivo no próprio stent	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	141,09

Figura 4.23 – Seleção dos princípios de solução segundo o atendimento das especificações meta.

Ao analisar a figura 4.23 a equipe decidiu selecionar as duas soluções com maior pontuação total para o módulo 1, ou seja, as que melhor atendem as especificações meta, são elas:

- Farpas;
- *Stent* livre duplo.

O mesmo critério utilizado no módulo 1 foi obedecido para a seleção dos princípios de solução do módulo 2, são eles:

- Fixar dispositivo via molas na posição desejada;
- Conformer dispositivo no próprio *stent*.

A primeira análise foi realizada com base nas especificações meta, já que esta etapa filtra os princípios de solução, permanecendo os que melhor atendem o cliente. Para auxiliar a decisão pela solução final, os princípios de solução serão analisadas segundo a sua capacidade de atender os requisitos *lean*, conforme figura 4.24. Os pesos dos requisitos vieram da etapa 8.

		P	P	P	M	M	P	P	P	P	M	P	P	Pontuação Total
		Desenvolver solução baseada em tecnologia conhecida	Empregar material já utilizado nas próteses	Reduzir número de componentes	Arquitetura modular	Montagem não ambígua	Padronizar componentes	Projetar internamente	Baixo tempo de produção	Fabricar internamente	Montagem simples	Solução rápida	Baixo custo	
<b>Relação:</b> 5- Atende muito; 3- Atende razoavelmente; 1- Atende pouco; 0 - Não atende.														
<b>Peso</b>		0,14	0,10	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	-0,02	-0,12	
<b>Princípios de solução</b>	Farpas	5	5	5	5	3	5	5	3	5	3	3	3	1,33
	Stent livre duplo	5	0	3	0	3	0	5	5	5	3	5	5	0,25
	Fixar dispositivo via molas na posição desejada	5	5	3	3	5	5	5	5	5	3	5	5	0,97
	Conformer dispositivo no próprio stent	5	3	1	1	1	3	5	5	5	1	3	5	0,52

P=Produção  
M= Montagem

Figura 4.24 - Seleção dos princípios de solução segundo o atendimento dos requisitos lean.

Observando-se a figura 4.24 constata-se que o princípio de solução com maior pontuação, ou seja, o que melhor atende os requisitos *lean*, para o módulo 1 é:

- *Stent* livre duplo.

Para o módulo 2 , o requisito é:

- Fixar dispositivo via molas na posição desejada.

A matéria prima utilizada pelos diferentes princípios de solução é a mesma, por esse motivo elas possuem o mesmo fornecedor. Esta matéria prima é importada, e a empresa já possui fornecedor qualificado segundo os critérios da Norma RDC 59. Sendo assim, a avaliação dos fornecedores com o intuito de auxiliar a tomada de decisão pelo princípio de solução não é necessária. Sendo assim, durante a aplicação do modelo, foi sugerido que a empresa analisasse o atual fornecedor e caso necessário, buscasse novas alternativas.

Para que a empresa obtivesse uma visão clara de como está o desempenho do atual fornecedor da matéria prima, pediu-se aos integrantes da equipe que definissem o grau de importância dos diferentes critérios que definem sua avaliação, conforme é apresentado na figura 4.25. A figura 4.26 apresenta os critérios de avaliação dos fornecedores priorizados e a figura 4.27 mostra o desempenho do fornecedor em questão.

Relação: 7- Muito mais importante; 5-mais importante; 3-um pouco mais importante; 1-igualmente importante .	Cumprimento de prazo	Tempo de parceria	Qualidade dos produtos entregues	Troca de informações	Processo produtivo confiável	Capacidade produtiva	Total
Cumprimento de prazo	1	7	1	5	1	3	18,00
Tempo de parceria	1/7	1	1/7	1/3	1/7	1/3	2,10
Qualidade dos produtos entregues	1	7	1	5	1	3	18,00
Troca de informações	1/5	3	1/5	1	1/7	1/3	4,88
Processo produtivo confiável	1	7	1	7	1	3	20,00
Capacidade produtiva	1/3	3	1/3	3	1/3	1	8,00

Figura 4.25 – Matriz de relação dos critérios de avaliação do fornecedor.

<b>Critério de avaliação dos fornecedores</b>	<b>Pontos</b>	<b>Importância</b>
Cumprimento de prazo	18,00	0,25
Tempo de parceria	2,10	0,03
Qualidade dos produtos entregues	18,00	0,25
Troca de informações	4,88	0,07
Processo produtivo confiável	20,00	0,28
Capacidade produtiva	8,00	0,11
<b>Total</b>	<b>70,97</b>	

Figura 4.26 – Priorização dos critérios de avaliação do fornecedor.

Avaliação: 0- Ruim 1- Razoável 2- Bom 3- Excelente		<b>Fornecedor</b>
<b>Critérios</b>	<b>Importância</b>	
Cumprimento de prazo	0,25	2
Tempo de parceria	0,03	2
Qualidade dos produtos entregues	0,25	3
Troca de informações	0,07	1
Processo produtivo confiável	0,28	2
Capacidade produtiva	0,11	3
<b>Total</b>		<b>2,30</b>

Figura 4.27 – Avaliação do fornecedor.

Conforme observado na figura 4.27 o atual fornecedor possui um bom desempenho “2,30” pontos, visto que a pontuação máxima seria “3”. Verificasse que, embora o desempenho seja classificado como bom, existem pontos a melhorar, principalmente no critério “troca de informações” sendo alguns dificultados pela distância geográfica e pelas quantidades compradas. A empresa estudada, por ter um porte pequeno, demanda quantidades, pouco significativas para o fornecedor, que em sua grande maioria atende a área médica em nível mundial. Como sugestão de melhoria, propôs-se que fossem trabalhadas questões estratégicas, visando melhorar o relacionamento entre as partes, tais como: enviar ao fornecedor um planejamento das demandas periódicas e consultá-lo frequentemente quanto a sua capacidade de atendimento nos prazos pré-estabelecidos.

Após a análise dos princípios de solução sob o ponto de vista das especificações meta e os requisitos *Lean*, concluí-se que a melhor solução, visando atender as necessidades dos diferentes clientes é solucionar o problema via farpas, fixadas através de molas. Solução diferente da tomada pela empresa, que anteriormente a aplicação do modelo, optou no projeto original pelo *stent* livre duplo fixados via molas. Após a aplicação do modelo, concluí-se que a opção por farpas gera menores índices de desperdícios internos, possui menor impacto na

manufatura e montagem, aproveita a tecnologia de trabalho já existente e melhora o desempenho do produto junto ao cliente final, pois amplia a gama de casos atendidos pela empresa.

#### 4.2.16 Etapa 16 - Avaliação dos resultados quanto aos desperdícios

Para a execução desta etapa foi construído um protótipo do produto, onde a equipe o analisou quanto aos desperdícios. O desempenho da concepção foi testado em laboratório e demonstrou melhores níveis de atendimento aos requisitos do cliente final quando comparado à solução original, visto que a fixação da prótese se mostrou mais resistente, permitindo esta ser empregada em casos anteriormente não atendidos. Também se avaliou a concepção com relação aos requisitos dos clientes internos e intermediários, tendo esta apresentando bom desempenho, principalmente quanto a padronização alcançada, a modularização atingida, e a redução do número de componentes. Dessa forma, a concepção se mostra eficiente e propícia à implementação. Sendo esta solução empregada pela empresa.

#### 4.2.17 Etapa 17 - Definir requisitos problemáticos

Não foi necessária a aplicação desta etapa, visto que a solução atendeu de maneira satisfatória os requisitos dos diferentes clientes, conforme visto na Etapa 4.15, figuras 4.23 e 4.24.

### 4.3 Considerações sobre Aplicação do Modelo

A aplicação do modelo contribuiu para o cumprimento do objetivo geral deste trabalho, visto que a concepção gerada atendeu as necessidades do mercado, com baixos índices de desperdícios internos, estando adequada aos princípios do STP. Estes benefícios foram alcançados graças à metodologia apresentada e a sua sequência de etapas proposta, visto que esta direcionou a solução a medida que os requisitos eram atendidos, diferentemente do que ocorre nas abordagens tradicionais, aonde a solução é definida e conforme caminha o projeto vai se adaptando as necessidades emergentes.

A busca pela eliminação dos desperdícios, principal premissa do modelo, foi facilmente compreendida pela equipe de desenvolvimento, embora esta tenha demonstrado dificuldade em implementar o conceito, principalmente durante o processo de



desenvolvimento de produtos. Este fator salientou a importância de se ter uma metodologia de desenvolvimento estruturada, facilitando a aplicação do conceito nas práticas da empresa, assim como a proposta no modelo.

A maior dificuldade encontrada durante a aplicação do modelo foi a de manter a equipe focada no cumprimento das etapas e etapas propostas, principalmente na fase informacional. A equipe demonstrou tendência em partir diretamente para a solução do problema, prática comumente aplicada pela empresa. Como ponto forte do modelo pode-se apresentar a facilidade de compreensão e simplicidade das etapas propostas. Outro aspecto positivo foi a identificação dos diferentes requisitos de clientes e a visualização da relação destes entre si, informação anteriormente desconhecida pela empresa. Este fator permitiu a identificação dos requisitos *lean*., utilizados na seleção da concepção, além de funcionar como motivador para que a empresa seguisse a sequência proposta no modelo sem atropelar etapas.

Verificou-se que para o sucesso da aplicação do modelo se fez necessária a criação de uma equipe multifuncional responsável pelo processo de desenvolvimento do produto, pois a disseminação da informação e a antecipação de possíveis problemas foram cruciais para o bom desempenho do resultado alcançado.

Como resultados práticos, após a implementação da atual concepção houve um aumento significativo no volume de vendas, visto o aumento de casos atendidos pelo atual produto. Internamente, reduziu-se a variação dos estoques, por esse se tratar de um módulo único compatível com todos os produtos e diminuiu-se o tempo de produção.

## CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO

### 5.1 Conclusões

O principal objetivo deste trabalho foi o de conceber um produto adequado aos princípios do STP, ou seja, que atendesse as necessidades dos clientes gerando o menor grau de desperdício possível. Meta alcançada pelo cumprimento dos objetivos específicos “Estabelecer princípios do Sistema Toyota de Produção a serem considerados nas fases iniciais do desenvolvimento de produtos”, “Estabelecer os enfoques do Sistema Toyota de Produção necessários a geração da concepção” e “Estabelecer a relação entre as etapas das fases iniciais do processo de desenvolvimento de produtos e o Sistema Toyota de Produção”, atingidos através da fundamentação teórica e da estruturação do modelo, onde se apresentou os parâmetros e enfoques do STP a serem considerados durante o processo de desenvolvimento de produtos e estabeleceu-se relação entre as fases iniciais do processo de desenvolvimento de produtos e os princípios enxutos. A estruturação e aplicação do modelo, preencheram a lacuna de pesquisa existente na literatura, visto que a construção do modelo conseguiu contemplar os conceitos da abordagem STP e torná-las aplicáveis ao processo de desenvolvimento de produtos.

O ponto forte do trabalho se deu em dois momentos, primeiramente na relação entre os requisitos dos clientes internos e intermediários com os do cliente final, resultando nos requisitos *Lean*. Sendo estes particulares a empresa e não dependentes da existência de uma manufatura enxuta para sua determinação, visto que a equipe de projeto é quem os define segundo suas prioridades e com foco nas necessidades do mercado. O segundo ponto forte ocorreu na forma como a concepção foi selecionada, pois os princípios de solução, compatíveis entre si, foram sendo eliminados gradativamente de acordo com critérios pré-estabelecidos resultando em uma única concepção. Dessa forma, os índices de retrabalho são menores, já que houve postergação na decisão final com relação ao produto.

A maior dificuldade encontrada durante a aplicação foi o aspecto cultural, pois o modelo possuía uma estrutura diferente da seguida pela empresa, sendo que muitos projetos seguiam o método da tentativa e erro, e o filtro das soluções eram baseados na experiência dos membros da equipe. Dessa forma, ao cumprir com o roteiro proposto pelo modelo percebeu-se certa resistência, principalmente na fase informacional, onde houve tendência em se partir direto para a concepção do produto.

Quanto aos resultados práticos da aplicação pode-se citar a geração de um produto adequado aos princípios do STP e implementado pela empresa, além do conhecimento gerado aos participantes da equipe a respeito dos conceitos embutidos no modelo.

Além do possível sucesso do novo produto gerado, a aplicação beneficiou a empresa, pois os conceitos aprendidos serviram como incentivo para que a equipe olhasse o processo de desenvolvimento de produtos de maneira global e integrada com os demais processos. Fator que possibilita a identificação prévia de desperdícios, evitando retrabalhos.

Concluí-se que o conhecimento gerado interferiu positivamente na empresa, tornando-a mais eficaz, benefícios comprovados com a concepção do produto gerada pela aplicação do modelo, atingindo de forma satisfatória o objetivo geral deste trabalho.

## **5.2 Sugestão para Trabalhos Futuros**

A aplicação dos conceitos enxutos no processo de desenvolvimento de produtos é um tema bastante atual e com um campo vasto a ser explorado. Sendo assim, é proposto o aprofundamento dos seguintes temas:

- Aplicação dos princípios do STP ao processo de desenvolvimento de produtos, com foco nas etapas de desenvolvimento;
- Estudo dos tempos ideais para a postergação da decisão final pela concepção ótima;
- Indicadores de desempenho enxutos para o processo de desenvolvimento de produtos.

## REFERÊNCIAS

- AAKER, D.A.; KUMAR, V.; DAY, G.S. **Pesquisa de marketing**. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2001, 745 p.
- ALVES, R. **Qualidade de vida no trabalho** – um modelo para diagnóstico, avaliação e planejamento de melhorias baseado no desdobramento da função qualidade. 2001, 117f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)-Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- ANDERSON, D. M. **Design for manufacturability & concurrent engineering**. How to Design for Low Cost, Design in High Quality, Design for Lean Manufacture, and Design Quickly for Fast Production. California: CIM Press, 2004, 399 p.
- ARKADER, R. **Relações de fornecimento no contexto da produção enxuta** :um estudo na indústria automobilística brasileira. Rio de Janeiro, 1997. Tese (Doutorado em Administração) – Instituto de Pós- Graduação e Pesquisa em Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- ATTADIA, L. C. L.; MARTINS, R. A. Medição de desempenho como base para evolução da melhoria contínua. **Revista Produção**, São Paulo, v. 13 n. 2, p. 33-41, Mar. 2003.
- BATEMAN, J. T.; WILD, D. Design for manufacturing: use of a spreadsheet model of manufacturability to optimize product design and development. **Research in Engineering Design**, v. 14, n. 2 p. 107-117, Mar. 2003.
- BESSANT, J.; FRACIS, D. Developing strategic continuous improvement capability. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 19, n. 11, p. 1106-1119, 1999.
- BROWN, S.L; EISENHARDT, K. M. Product development: past research, present findings and future directions. **Academy of Management Review**. New York, v. 20, n. 2, p. 343-378, Abr. 1995.
- BROWNING, T. R. **Value-based product development: refocusing lean**. **Engineering Management Society, 2000. Proceedings of the 2000 IEEE** Albuquerque, USA, p.168 -172 , Agos. 2000.
- BUKOWISK, E.; LITTERAL, M. Produce perfect products. **Quality**, v. 45, n. 11; p. 40-43, Nov. 2006.
- CECCONELLO, I. **Adequação de um sistema de administração da produção à estratégia organizacional**. 2002, 140 f. Dissertação(Mestrado em Engenharia de Produção)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- CONSONI, F. L.; CARVALHO, R. Q. Desenvolvimento de produtos na indústria automobilística brasileira: perspectivas e obstáculos para a capacitação local. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 6, n. 1, p. 36-91, Jan/Abr 2002.

CONVIS, G. Role of management in a lean manufacturing environment - the Toyota Production System. **Automotive Manufacturing and Production**, , n 7, p.1-7, Jul. 2001.

COOPER, R. G.; KLEINSCHMIDT, E.J. Benchmarking firm's critical success factors in new product development. **Journal of Product Innovation Management**. New York, v. 12, n. 5, p.374-391. 1995.

CZABKE, J. **Lean thinking in the secondary wood products industry**: Challenges and Benefits. 2007. 180f. - Masters (Thesis in Wood Science) – Engineering Department, Oregon State University, Oregon, 2007.

DEMING, W. E. **Qualidade: a revolução da administração**. 1 ed. São Paulo: Saraiva, 1992, 367 p.

FANG, X.; WAN, D. **Integrated automotive exhaust engineering- uncertainty management**. 2006. 109 f. Masters (Máster of Science in Engineering and Managment)-Massachusetts Institute of Technology.

FERNANDES, A. C. Conhecimento e aprendizagem organizacional em perspectiva. In: XIX ENEGEP, Encontro Nacional de Engenharia de Produção, V ICIE International Congress of Industrial Engineering, 1999, Rio de Janeiro. **Anais do XIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, v. 1 , 1999.

FERREIRA, F. P. **Análise da implantação de sistema de manufatura enxuta em uma empresa de Autopeças**. 2004. 178f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) – Departamento de Economia, Contabilidade e Administração – ECA, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2004.

FONSECA, A.J.H. **Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional**. 2000. 180 f. Tese (Doutorado em Projetos de Sistemas Mecânicos) - CTC/EMC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

FORD, D. N.; SOBEK, D. K. Adapting real options to new product development by modeling the second toyota paradox. **Transactions On Engineering Management**, v. 52, n. 2, p. 175-184, May 2005.

GARZA, L. A. **Integrating lean principles in automotive product development breaking down barriers in culture and process**. 2005, 111 f. Dissertação (Master of Science in Engineering and Management) Massachusetts Institute of Technology , 2005.

GEUS, A. **A empresa viva**. 7 ed. Rio de Janeiro: Campos, 2003, 210 p.

GHINATO, P. Elementos fundamentais do sistema toyota de produção, In: ALMEIDA, T. A.; SOUZA, F.M.C. **Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações**. Recife: Editora. Da UFPE, 2000.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.

GRUBER, L. S. **LIDERANÇA - Habilidades e características do líder numa organização bancária: um estudo de caso**. 2001,150 f. Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

HAUPTMAN, O.; HIRJI, K. The influence of process concurrency on project outcomes in product development: an empirical study of cross-functional teams. **IEEE Transactions on Engineering Management**. New Jersey, v. 43, n. 2, p. 153-164, 1996.

HAUSER, J. R.; CLAUSING, D. The house of quality, **Harvard Business Review**, mai-jun., 1988.

HINES, P; HOLWEG, M.; RICH, N. Learning to involve: a review of contemporary lean thinking. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 24, n10, p. 994-1011, 2004.

HIROTA, E. H.; FORMOSO, C. T. O processo de aprendizagem na transferência dos conceitos e princípios da produção enxuta para a construção. In: VIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2000, Salvador. **Anais: ANTAC**, Salvador: ANTAC, 2000.

HOVMARK, S; NORDQVIST, S. Project organization: Changing in the work atmosphere for engineers. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v 17, n. 5, p. 389-398, Mai. 1996.

HUANG, G. Q.; SHI, J.; MAK K. L. Failure mode and effect analysis (fmea) over the www. **International Journal Advanced Manufacturing Technology**, n. 8, v. 16, p. 603-608, Jul. 2000.

KARLSSON, C.; AHLSTROM, P. The difficult path to lean product development. **Journal of Product Innovation Management**, v.13, n. 4, p. 283-295, 1996.

KOPELMAN, O. 3 Secrets to developing products in half the time. In: **The 1996 Southcon Conference**, Orlando, FL; USA; 25-27 Jun. 1996, p. 503-508, Jun.1996.

KOUFTEROS, X.; VONDEREMBSE, M.; JAYARAM, J. Internal and external integration for product development: The Contingency Effects of Uncertainty, Equivocality, and Plataform Strategy. **Decision Sciences**, USA, v. 36, n 1, p. 97-133, fev. 2005.

KUSAR, J.; DUHOVNIK, J.; GRUM, J.; STARBEK, M. How to reduce new product development time. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 20, n.1, p. 1-15, fev. 2004.

LAKATOS, E. M; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 1991, 320 p.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota**. Porto Alegre: Bookman, 2005, 320 p.

MACHADO, M. ,C.; **Enxutos no processo de desenvolvimento de produtos: proposta de uma metodologia para implantação**. 2006, 246 f. Tese (Doutorado)- Pós Graduação em Engenharia de Produção, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, POLI/USP, Brasil.

MARSHALL, R.; LEANEY, P. G.; BOTTEREL , P. Enhanced product realisation through modular design: an example of product/process integration. **Journal of Integrated Design and Process Technology**, v. 3, n. 4, p.143–150, Jul.1998.

MASLOW, A. H. **Maslow no gerenciamento**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2000, 392 p.

MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria geral da administração - da revolução urbana a revolução digital**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2005, 500 p.

MELO, J. G.; SACOMANO, J. B.; Manufatura enxuta – vantagem competitiva baseada na dimensão tempo. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 12., 2005, Bauru, SP, **Relações de Trabalho no Contexto da Engenharia de Produção**, Bauru, SP: SIMPEP, 2005.

MORGAN, J.; LIKER, J. K. **The toyota product development system- integrating people, process and technology**. New York: Productivity Press, 2006a, 400 p.

MORGAN, J.; LIKER, J. K. The Case of lean product development: following the toyota way to professional service operations. **Academy of Management Perspectives**, n. 20, v.2, p.5-20, Mai. 2006b. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por < liker@umich.edu > em 26 setembro 2006.

NARGARUR, N.; AZEEM, A. Impact of commonality and flexibility on manufacturing performance: A simulation study. **International Journal Production Economics**, v. 60-61, p.125-134, Abr. 1999.

OHNO, T. **O Sistema toyota de produção - além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997. 149 p.

OLSON, E.M.; et. al. Patterns of cooperation during new product development among marketing, operations and R&D: implications for project performance. **Journal of Product Innovation Management**. New York, v. 18 , n. 3, p.258-271. 2001.

ONAYAMA, S. S. **Integração multifuncional no desenvolvimento de produtos**: Estudos de Múltiplos Casos em Indústria de Laticínios Mineiras. 2006, 196f. Dissertação (Mestrado em Mercadologia e Administração Estratégica) Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

OTTO, N. K., WOOD, K. L. **Product design: techniques in reverse engineering and new product development**. Ed. Prentice Hall, 2005.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering design: a systematic approach**. Great Britain: Springer-Verlag London Limited, 1996, 544 p.

RICHARDSON, R. J *et al.* **Pesquisa social: métodos e técnicas.** 3 ed. São Paulo: Atlas, 1999, 334 p.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos:** uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006, 542 p.

SAATY. T. L. **Método de análise hierárquica.** 2 ed. Rio de Janeiro: Makrom Books, 1991.

SENGE. P. M. **A quinta disciplina:** a arte e prática da organização de aprendizagem. Tradução OP Traduções, Consultoria Zumble Aprendizagem Organizacional. 12 ed. São Paulo: Nova Cultural, 2002, 443 paginas.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M.. **Metodologia da pesquisa e elaboração da dissertação.** 4ª ed. – rev. atual. – 138 p.. Florianópolis, UFSC, 2005.

SLACK, N. *et. al.* **Administração da produção.** 2 ed. São Paulo: Atlas, 1997, 757 p.

SLACK, N. Vantagem **Competitiva em manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais.** São Paulo: Atlas, 1993, 218 p.

SLACK, R. A. The lean value principle in military aerospace product development. **The Lean Aerospace Initiative**, Cambridge, MA, Jul. 1999.

SOBEK, D. K.; LIKER, J. K.; WARD, A. C. Another look at how Toyota integrates product development. **Harvard Business Review**, v. 76, n. 4, p. 12, jul-agost.1998. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <[liker@umich.edu](mailto:liker@umich.edu)> acesso em: 26 setembro 2006.

SOBEK, D. K.; WARD, A. C; LIKER, J. K. Toyota's principles of set-based concurrent engineering. **Sloan Management Review**, Cambridge, v. 40,n. 2, p 67-83, 1999.

ULRICH, K.T. The role of product architecture in the manufacturing firm. **Research Policy**, v. 24, n. 3, p. 419– 440 , mai. 1995.

WARD, A.; LIKER, J. K.; JOHN J. CRISTIANO, J.J.; SOBEK, D. K. The second toyota paradox: how delaying decisions can make better cars faster. **Long Range Planning**, v. 28, n. 4, p. 43-61, Agos. 1995.

WILLIAMS, J. D.; JOHNSON, W. Hard and soft approaches to manufacturing: which is the most important? **International Journal Advanced Manufacturing Technology**, vol. 24, p. 533-540, Mar. 2004.

WOMACK, JAMES P.; JONES, DANIEL T. **A mentalidade enxuta nas empresas.** 7 ed. São Paulo, SP: Campus, 1996, 408 p.

ZANCUL, E.MARX, R.; METZKER, A. Organização do trabalho no processo de desenvolvimento de produtos: a aplicação da engenharia simultânea em duas montadoras de veículos. **Gestão e Produção**. v.13, n.1, p.15-29, jan.-abr. 2006.



**ANEXO:**

## **ANEXO A- ENTREVISTA COM OS INTEGRANTES DA EQUIPE PARA LEVANTAR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO**

Questões:

- 1) Existe algum registro de soluções aplicadas em outros produtos que puderam ser utilizadas no levantamento de soluções para o produto em questão?
- 2) Como foram levantados os princípios de solução?
- 3) Eles foram baseados em experiências anteriores?
- 4) Caso os registros antigos pouco tenham contribuído para a solução do problema em questão, baseado em que esses princípios de solução foram escolhidos?
- 5) È utilizado pela empresa alguma ferramenta para estimular a criatividade na busca por princípios de solução?
- 6) A busca por soluções pode ter sido mais demorada que o previsto, devido a ausência de registros?